This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Dreizehnter Jahrgang:

1895.

Mit vier Tafeln und Abbildungen im Text.

LIBRARY
—of the—
Not To Be Removed
American Society
of
Mechanical

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1895.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Dreizehnter Jahrgang:

1895.

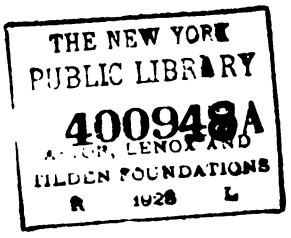
Mit vier Tafeln und Abbildungen im Text.

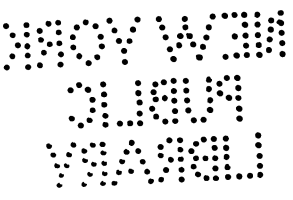
LIBRARY
—of the—
Not To Be Removed
American Society
of
Mechanical

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1895.

PUBLIC
LIBRARY

400948A


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
400948A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1928 L


NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Bekanntmachungen:

A. Reglement für die Königliche Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten in Berlin 121

B. Dienstvorschriften für die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt und die Königliche chemisch-technische Versuchsanstalt in Berlin 123

Vorschriften für die Benutzung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt 45

Vorschriften für die Benutzung der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt 70

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1894/95 245

Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Manganbronze. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff 29

Untersuchungen von Verbundblechen aus Kupfer und Blei. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff 73

Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen und die Nothwendigkeit, denselben bei Feststellung einheitlicher Prüfungsverfahren zu berücksichtigen. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff 128

Versuche mit afrikanischen Hölzern. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff (Hierzu Taf. III u. IV) 133

Untersuchungen über den Einfluß der Kälte auf die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff 197

Versuche mit Metallcement. Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff 290

Untersuchungen von Linoleumproben aus der Delmenhorster Linoleumfabrik zu Delmenhorst. Vom Assistenten H. Burchartz 20

Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg (Hierzu Taf. I u. II) 24

Kleinere Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg

a) Widerstand gegen Zerknittern 43

b) Verstoß gegen Lieferungsbedingungen 44

Normal-Papiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 109

Wasserzeichenpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 113

Kleinere Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg

a) Festigkeit des Papiers 118

b) Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier 119

c) Bambuspapier 120

Ausdauerfähigkeit der Zellstoffe. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 158

Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 219

Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg
a) Fabrikationsbücher 232
b) Gewebeprüfung 237
c) Papierprüfung in Italien 238
d) Urkundenpapier 239
e) Aschengehalt 240
f) Oxydirende Bestandtheile im Papier 240
Ueber Längenänderung des Papiers bei verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsgraden. Vom Assistenten G. Dalén 163
Der Reinheitsgrad der handelsüblichen vegetabilischen und animalischen Schmieröle. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 1
Zum qualitativen Nachweis unverseifbarer Oele in fetten Oelen. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. D. Holde 170
Der Harzgehalt und die Verharzungsfähigkeit der Mineralschmieröle. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. D. Holde 174
Unterscheidung von Petroleumbenzin und Steinkohlenbenzin. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde . . . 241
Neuere Erfahrungen in der Schmierölprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 253
Der Chlorgehalt von Adeps Lanae N. W. K. Von Dr. D. Holde und Dr. A. Ruhemann 173
Das Erstarrungsvermögen des Rüböls und anderer fetter vegetabilischer Oele. Von Dr. Holde und Dr. A. Ruhemann 287
Berichtigung zu Heft 5 der „Mittheilungen“ S. 202, Zeile 16—18 120

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. **1895.** Erstes Heft.

1. Der Reinheitsgrad der handelsüblichen vegetabilischen und animalischen Schmieröle.

Von Dr. Holde, Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung.

Eine Reihe von Widersprüchen zwischen neueren und älteren Befunden auf dem Gebiete der Fettuntersuchungen und die Erweiterung bisheriger Kenntnisse über die Zusammensetzung mancher flüssiger Fette lassen es erwünscht erscheinen, den jetzigen Standpunkt der methodischen Untersuchung der Reinheit fetter Oele unter Berücksichtigung der neu gewonnenen Gesichtspunkte einer näheren Prüfung zu unterziehen. Diesem Bedürfniß sollen die nachfolgenden Mittheilungen in erster Linie Rechnung tragen; weiterhin sollen sie zeigen, wie sich bei den amtlichen Prüfungen in der Versuchsanstalt auf Grund der gewonnenen Erfahrungen in einer Reihe konkreter Fälle die Prüfungen der Reinheit vegetabilischer und animalischer Schmieröle gestaltete, und in welchem Maße hierbei Verfälschungen der eingelieferten Produkte festgestellt werden konnten.

Bei Beginn jeder Untersuchung eines fetten Oeles wird in Erwägung gezogen, welches der ungefähre Preis des zu untersuchenden Produktes wäre, falls es frei von Verfälschungen sein würde. Wie Benedikt[1]) hervorgehoben hat, ist die Kenntniß des Preises der Fette ein nicht zu unterschätzender Wegweiser bei der Untersuchung. Diese Ansicht ist durch die Erfahrung vollkommen bestätigt worden. Irreführungen durch Zusätze theuerer Produkte zu billigeren Oelen sind bisher noch nicht beobachtet worden. Wenn auch manche Klassen von Oelen als Spekulationsartikel und wegen der Schwankungen der Nachfrage zeitweise erheblichen Preisverschiebungen ausgesetzt sind, und wenn auch die feineren Produkte der einen Klasse oft theurer sind als manche Produkte der im Großen und Ganzen als theurer vorangehenden Klasse, so kann man doch im Allgemeinen bei den technischen Oelen folgende Gruppirung nach dem Preise als meistens zutreffend ansehen:

Klauen- und Knochenöle;
Spermacetiöl und Walöle;
Olivenöle oder Baumöle;
Senföle und Rüböle;
trocknende Oele (Mohnöl, Hanföl, Leinöl ꝛc.);
halbtrocknende Oele (Baumwollsaatöl, Sesamöl) Erdnußöl;
Mineralöle;
Harzöle.

[1]) „Analyse der Fette und Wachsarten“ 1892, S 271.

Nachdem man sich so über die praktisch in Frage kommenden Möglichkeiten der Verfälschungen vergewissert hat, werden zunächst die äußeren Erscheinungen der Probe festgestellt, wodurch in einzelnen Fällen schon ein gerechtfertigter Verdacht geschöpft werden kann. Wenn die äußeren Erscheinungen keinen Verdacht erwecken, hat man zu berücksichtigen, daß z. B. das Fehlen der Fluorescenz noch kein Beweis für die Abwesenheit von Mineralölen ist, da letztere durch Nitronaphtalin, unter Umständen auch durch andere Stoffe entscheint werden können, und daß bestimmte Gerüche, z. B. von Leinöl ꝛc., sehr wohl durch andere stärkere Gerüche, wie von rohem Rüböl u. A., verdeckt werden können. Das Fehlen eines charakteristischen Geruches ist nicht in gleichem Maße ein Beweis für die Abwesenheit des betreffenden Oeles, wie das Auftreten eines charakteristischen Geruches die Gegenwart einer bestimmten Verfälschung verräth. Diese Thatsache ergab sich auch wiederholt bei der Identifizirung der handelsüblichen Proben durch die chemische Untersuchung.

Den charakteristischen Geruch der Klauenfette, Olivenöle, raffinirten und rohen Rüböle, Spermacetiöle und Thrane ꝛc. lernt der Beobachter auf Grund längerer Uebung an zuverlässigen Proben kennen.

Nach Feststellung der sogenannten äußeren Eigenschaften ist zweckmäßig zunächst die Prüfung auf Gegenwart der billigen unverseifbaren Oele vorzunehmen, weil nach deren Feststellung die Untersuchung sich wesentlich vereinfacht. Hier kommen fast nur die aus dem natürlichen Erdöl hergestellten destillirten Mineralschmieröle und die aus Harz destillirten raffinirten hochsiedenden Harzöle in Betracht. Braunkohlentheeröle und noch weniger Steinkohlentheeröle werden wegen ihres auffälligen Geruchs und ihrer geringen Viskosität kaum zur Verfälschung fetter Oele benutzt. Für die qualitative Prüfung auf Mineralöl und Harzöl in fetten Oelen genügen die vom Verfasser früher angegebenen einfachen Vorproben.[1] Lobry de Bruyn zeigte neuerdings[2], daß die ebenfalls unverseifbaren höheren Alkohole, welche sich in den sogenannten flüssigen Wachsen, z. B. Spermacetiöl, Haifischthran ꝛc., finden, bei der vom Verfasser angegebenen qualitativen Probe auf Mineralöl nicht ausfallen, — eine Beobachtung, welche auch bei den Oelen Nr. 2 in Tab. 3 und Nr. 18 in Tab. 2 bestätigt werden konnte. Die Probe läßt sich mithin bei fetten Oelen auch bei Gegenwart jener animalischen Oele ausführen. Hat man die Gegenwart von Mineralöl oder Harzöl qualitativ festgestellt, so wird man eine quantitative Bestimmung, falls eine solche erwünscht erscheint, am zweckmäßigsten nach den neueren von Spitz und Hönig[3] gegebenen Vorschriften für diese Untersuchungen ausführen. Diese Vorschriften haben sich nach den in der Versuchsanstalt und von anderer Seite gemachten Erfahrungen bewährt; sie ermöglichen die Erzielung genauer Resultate, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß das mehrfach wiederholte Ausziehen der Seifenlösung mit Petroläther und des Petroläthers mit 50prozentigem Alkohol etwas umständlich ist. Das bei diesem Verfahren nunmehr rein abgeschiedene unverseifbare Oel kann man in der bekannten Weise[4] daraufhin untersuchen, ob es Mineralöl, Harzöl oder ein Gemisch beider ist. Bisher fanden sich bei den amtlichen Prüfungen nur je eines der beiden Oele als Zusatz zu fetten Oelen. Gewöhnlich wird das Mineralöl und zuweilen auch, wie z. B. der Fall Nr. 4 in Tab. 3 zeigt, das fetten Oelen beigefügte Harzöl zur Ablenkung eines Verdachtes

[1] „Mittheilungen" 1889, S. 75; 1890, S. 19 und 269; 1891, S. 51.
[2] „Chemikerzeitung" 1893, S. 1453.
[3] „Zeitschrift für angew. Chemie" 1891, S. 565.
[4] „Benedikt", Analyse der Fette 1892, S 163. „Mittheilungen" 1891, S. 51.

entscheint. Dies geschieht, wie früher[1]) gezeigt wurde, meist mit Nitronaphtalin, dessen Gegenwart sich bereits bei der Verseifung nach Spitz und Hönig durch intensive Rothfärbung der Seifenlösung verräth und im Uebrigen sicher durch Ueberführung in Naphtylamin[2]) nachzuweisen ist. Nach Mittheilungen von O. N. Witt soll noch anderen organischen Körpern die Fähigkeit zukommen, fluorescirende Oele zu entscheinen, in der That dürften auch derartige Versuche in der Praxis schon mit Erfolg gemacht worden sein, doch ist noch nichts über die Natur der neuerdings benutzten Entscheinungsmittel an die Oeffentlichkeit gedrungen. Das Bedürfniß, einen Ersatz für das Nitronaphtalin zu haben, ist zum Theil dadurch gegeben, daß letzteres sich schon durch seinen eigenthümlich aromatischen Geruch einem scharf ausgeprägten Geruchssinn bemerkbar machen kann, und daß die mit Nitronaphtalin behandelten Oele im Laufe der Zeit gewöhnlich nachdunkeln.

Bei der Abscheidung der unverseifbaren Bestandtheile nach Spitz und Hönig wird man sich die Möglichkeit gegenwärtig halten müssen, daß neben Mineralöl oder Harzöl auch die aus den sogenannten flüssigen Wachsen beim Verseifen sich ausscheidenden höheren Alkohole als unverseifbare Stoffe in den Petrolätherauszug übergehen. Man stellt ihre Gegenwart in dem unverseifbaren Oel nach Benedikt[3]) fest, indem man 1 Raumtheil des unverseifbaren Oeles im Rückflußkühler (es genügt ein Dephlegmatorrohr) mit 2 Raumtheilen Essigsäureanhydrid 1—2 Stunden kocht, wobei die höheren Alkohole als Essigsäureester in Lösung gehen. Nimmt man das Kochen gleich in einem graduirten Reagensglas vor, so kann man nach dem Abkühlen der Masse die nicht gelöste Menge Mineralöl direkt ablesen. Ueber die Natur der in Essigsäureanhydrid gelösten Ester unterrichtet man sich, indem man die Lösung mit Wasser auskocht, die zurückbleibende Ester trocknet und ihre Verseifungszahl bestimmt. Bei Mischungen von Mineralölen und höheren Alkoholen — ein Fall, der bisher der Versuchsanstalt noch nicht vorgelegen hat — werden zur Trennung beider Bestandtheile auch die Vorschläge von Lobry de Bruyn[4]) zu beachten sein. Die nähere Untersuchung dieses Falles wird die Aufgabe späterer Versuche in der Versuchsanstalt sein. Hat sich nun gezeigt, daß das Oel frei ist von Zusätzen unverseifbarer Oele, d. h. solcher Oele, welche bei der vom Verfasser angegebenen Verseifungsprobe ausfallen (hierzu rechnen also nicht die sog. flüssigen Wachse), so beginnt die Hauptuntersuchung des Oeles nach den Gesichtspunkten, wie sie sich aus der Uebersicht über die Eigenschaften der verschiedenen Arten vegetabilischer und animalischer Oele in Tab. 1 ergeben.

Ein näherer Einblick in die Tab. 1 zeigt, daß die schärfste Unterscheidung zwischen trocknenden und nicht trocknenden Oelen durch die Jodzahl ermöglicht wird, während sich z. B. im Olivenöl halbtrocknende Oele, wie überhaupt solche mit mittlerer Jodzahl, nur bei größerem Zusatz durch Erhöhung der Jodzahl bemerkbar machen. Die Tab. 5 giebt über diese Verhältnisse, den Grad der Nachweisbarkeit verschiedener Oele im Olivenöl, Aufschluß. Gerade diejenigen Oele nun, deren Zusatz sich in Olivenöl und Rüböl an der Jodzahl nicht immer oder überhaupt nicht zu erkennen giebt, besitzen wiederum andere Eigenthümlichkeiten, welche sie von jenen Oelen unterscheiden. Es sind dies bei Sesamöl die charakteristische Baudouinsche Reaktion, bei Cottonöl die Bechi- und Millian-Reaktion, bei Erdnußöl der Gehalt von 5% Arachinsäure. Bezüglich des Werthes der erstgenannten Reaktionen ist auf die früheren

[1]) „Mittheilungen" 1894, S. 31.
[2]) Ebendaselbst.
[3]) „Analyse der Fette und Wachsarten" 1892, S. 168.
[4]) „Chemikerzeitung" 1893, S. 1453.

Untersuchungen[1]) zu verweisen. Ergänzend ist jedoch hinzuzufügen, daß sich bei der nach den neuesten Vorschriften[2]) von G. De Negri und G. Fabris ausgeführten Bechi-Probe sämmtliche reinen Olivenöle günstiger verhalten, als es nach den früheren Versuchen festgestellt werden konnte. Nur muß der Einwand gegen die Stichhaltigkeit der Probe bei alten veränderten Produkten auch nach den neueren Versuchen aufrecht erhalten werden. Zu dem Nachweis des Erdnußöles auf Grund seines Gehaltes an 5% Arachinsäure ist zu bemerken, daß Spuren von Arachinsäure von G. De Negri und G. Fabris in zweifellos reinen Olivenölen und von der Versuchsanstalt in einem von der als zuverlässig bekannten Firma Gehe & Co. als garantirt rein eingelieferten Olivenöl festgestellt wurden. Die bei der Firma eingezogenen Nachrichten ergaben keinen Anhalt dafür, daß dem Oel auch nur in geringen Mengen Erdnußöl beigefügt sein konnte. Im Rüböl hat neuerdings Ponzio[3]) 0,4% Arachinsäure nachgewiesen. Es bedarf wohl kaum eines Hinweises, daß diese Thatsachen bei den neueren Untersuchungen von fetten Oelen in der Versuchsanstalt bereits in Rücksicht gezogen worden sind.

Eine bei Betrachtung der in Tab. 1 mitgetheilten Jodzahlen in die Augen fallende Erscheinung, nämlich die verhältnißmäßig großen Schwankungen der Jodzahl bei der gleichen Oelgattung, bedarf wegen der Bedeutung, welche die Jodzahlen als Unterscheidungsmittel der Oele beanspruchen, noch einer näheren Begründung.

1. Schwankungen der Jodzahlen, bedingt durch Verschiedenheiten der Bestimmungsmethoden.

Wenn man die in den letzten Jahren in reichlicher Zahl veröffentlichten Modifikationen der Hüblschen Methode einer Vergleichung unterzieht, so zeigen sich hierbei derartige grundsätzliche Verschiedenheiten in der Ausführungsweise der Methode, daß eine Einigung dringend erwünscht erscheint. Dieses Bedürfniß hat auch vor einiger Zeit Fahrion[4]) gelegentlich seiner Untersuchungen über die Jodzahl des Rizinusöls hervorgehoben.

Im Anschluß an die frühere Veröffentlichung der Versuchsanstalt über die Jodzahlbestimmung[5]) möge eine kurze Darstellung der seitherigen Entwickelung des Hüblschen Verfahrens die bei Festsetzung einer einheitlichen Methode zu wählende Richtschnur kennzeichnen:

Bald nach Einführung der v. Hüblschen Methode bei den Fettchemikern zeigte sich, daß die von Hübl angegebenen Daten über die Konzentration der Jodlösung und den Ueberschuß an letzterer nicht ganz ausreichend waren. Die erhaltenen Jodzahlen änderten sich, und zwar besonders bei trocknenden Oelen, mit der Konzentration der zur Reaktion benutzten Jodlösung und dem Ueberschuß an letzterer in ganz erheblichem Maße. So lagen die von Benedikt und der Versuchsanstalt mit größeren Jodüberschüssen erhaltenen Jodzahlen von Leinölen und Hanfölen um 25 bis 35 höher als die entsprechenden Hüblschen Zahlen. Fahrion u. A. zeigten, daß neben der Addition von Chlor und Jod unter Umständen noch weitere Einwirkungen der Jodlösungen auf die ungesättigten Glyceride und Säuren, bestehend in der Substitution von Jod, stattfinden können. Auch zeigte sich, daß in der überschüssig zugesetzten Jodlösung

[1]) „Mittheilungen" 1892, S. 294.

[2]) „Publicazione del Laboratoris Chimico Centrale delle Gabelle" 1893. Gli Olii Parte II.

[3]) „Gazetta Chimica" 1893.

[4]) „Chemikerzeitung" 1893, S. 1472.

[5]) „Mittheilungen" 1891, S. 81.

von selbst eine allmähliche Abnahme des wirksamen Jodgehaltes stattfand, diese Abnahme war besonders stark bei frischen konzentrirten Lösungen; ihre Nichtberücksichtigung bei der Feststellung der Jodzahl konnte ebenfalls, wie schon früher gezeigt wurde, erhebliche Unterschiede veranlassen. Manche Chemiker schlugen nun vor zur Anwendung geringer Ueberschüsse zurückzugehen, um die erwähnten Substitutionsvorgänge zu vermeiden und gleichzeitig den durch die Veränderung der überschüssigen Jodlösung verursachten Fehler möglichst zu verringern. Dieses Vorgehen ist schon deshalb verfehlt, weil man, wie Hübl ja selbst zugegeben hat, alsdann bei trocknendem Oel Zahlen erhält, welche weit unter der wirklich addirbaren Jodmenge liegen. Wie Fahrion beim Rizinusöl gezeigt hat und auch aus verschiedenen anderen Veröffentlichungen hervorgeht, ist man freilich überhaupt nicht in der Lage, die mittelst der Hüblschen Lösung auf eine der vorgeschlagenen Weisen erhaltenen Jodzahlen als die theoretisch addirbaren Jodmengen zu bezeichnen, sondern die gefundenen Zahlen weichen mehr oder weniger von den theoretischen Jodzahlen ab; sie bewegen sich allerdings bei den meisten fetten Oelen, wie nachgewiesen ist, bei zweistündiger Einwirkung der Jodlösung und größerem Jodüberschuß in der Nähe der theoretischen Jodadditionszahlen, wenn die Veränderung des Ueberschusses von Jod gebührend in Rechnung gezogen wird. Eine praktische Nothwendigkeit, daß die empirischen Jodzahlen den theoretischen Additionswerthen genau entsprechen, ist nicht vorhanden, wenn auch vom rein wissenschaftlichen Standpunkte eine derartige Uebereinstimmung erwünscht ist. Für die analytische Verwerthung der Jodzahlen ist es am vortheilhaftesten, wenn die für verschiedene Gruppen von Oelen charakteristischen Jodzahlen möglichst große Unterschiede zeigen. Auch ist es erwünscht, daß die Versuche nicht zu lange Zeit in Anspruch nehmen. Allen diesen Bedingungen genügt man am ehesten, wenn man im Allgemeinen bei flüssigen fetten Oelen etwa 75 % Jodüberschuß, berechnet auf die angewendete Jodmenge, bei zweistündiger Einwirkung der Lösung benutzt. Bei geringeren Ueberschüssen erzielt man wohl für Olivenöle, Klauenfette ꝛc. noch richtige Zahlen, erhält aber bei trocknenden Oelen bedeutend zu niedrige Werthe, und auch bei Oelen von mittlerer Jodzahl dürften die so festgestellten Werthe immerhin noch merklich zu niedrig ausfallen.[1]) Die Veränderung des Jodüberschusses an wirksamem Jodgehalt wird durch Titerstellung vor Beginn und zum Schluß der Einwirkung der Jodlösung auf das Oel berücksichtigt, wenn es sich um Erzielung ganz scharfer Ergebnisse handelt. Als sich verändernde überschüssige Menge Jodlösung gilt in diesem Falle die Menge Jodlösung, welche den zum Zurücktitriren benutzten ccm Natriumthiosulfat entspricht, + 1/3 der gesammten vom Oel absorbirten Jodmenge. Es wird somit in Rücksicht gezogen, daß außer der zum Schluß als Ueberschuß festgestellten Jodmenge auch während der zweistündigen Einwirkung immer ein weiterer Theil der Jodlösung als Ueberschuß vorhanden gewesen ist und hierbei von selbst wirksames Jod verloren hat. Im Allgemeinen genügt die bloße Titerstellung nach erfolgter zweistündiger Einwirkung der Jodlösung, wobei als sich verändernde Lösung die ganze zu dem Versuch benutzte Jodlösung gilt. Der hierdurch gegenüber dem ersteren Vorgehen entstandene Fehler in der Jodzahl beträgt höchstens 1 %. Aus ökonomischen Rücksichten werden in den letzten Jahren die alkoholische Jodlösung und die alkoholische Quecksilberchloridlösung stets getrennt aufbewahrt und einen Tag oder wenige Tage vor der Benutzung gemischt; so vermeidet man das schnelle Unwirksamwerden der Jodlösung. Ebenfalls aus ökonomischen Gründen werden jetzt unter Aufrechterhaltung eines genügenden Ueberschusses weniger Substanz und weniger Jodlösung als früher benutzt.

[1]) „Mittheilungen" 1891, S. 81.

Tabelle

Die rund eingeklammerten Zahlen

Art, bezw. Gruppirung des Oeles	Flüssigkeitsgrad nach Engler bei 20 C° (Wasser von 20 C° = 1)	Brechungskoeffizient bei etwa 18 C°	Jodzahl			Verseifungszahl		
			Benedikts Analyse der Fette 1892 S. 298	G. De Negri und G. Fabris	Versuchsanstalt	Benedikts Analyse der Fette 1892	G. De Negri und G. Fabris	Versuchsanstalt
Knochenöle und Knochenfette	12,0	1,4672 bis 1,4707	66—70 (44—63 auf S. 427)	—	59—81,7 (Kammfett 86,5)	181—194	—	191—203
Olivenöle	11,4—12,1	1,4696 bis 1,4711	81—84,5	79—87 (88)	80—85 (88)	185—196 meist 193	185—196 meist ganz nahe bei 190	189—195
Ricinusöl	—	—	83—85	—	82—83	176—182 meist 180	—	183
Erdnußöl	10,4—11,6	—	87—103	92—100	87—101	190—197	189—193	192—196
Rüböl	11,4—14,7 meist um 13	1,4722 bis 1,4735	99—105	97—102	98—104 (108)	175—179	175—177	171—179 (180) meist 175
Sesamöl	9,9—10,4	—	103—112	107—108	106—109	188—192	188—190	191—199
Cottonöl	9,3—10,2	—	102—111	107—111	110—(115)	191—(210) meist 195	192—195	193—198
Mohnöl	8,0—8,1	—	134—142	137	139—143	192	193—194	—
Thrane par excellence . .	10,0	—	123—153	—	132—133 (3 Oele)	171—213	—	187—194
Sonnenblumenöl	20° 8,2 30° 5,5 40° 3,9 50° 3,1	—	122—133	120	134	193	188—189	193
Hanföl	8,3	—	142—158	140—141	175—176	193	193	194
Leinöl	6,8—7,4	—	170—181	159—160	171—180	187—195 meist 193	190—193	191—193
Sog. flüssige Wachse . .	5,58	—	84	—	—	84,5—133	—	117

1.
geben die seltenen Werthe an.

Spez. Gewicht bei 20 C°			Erstarrungsvermögen des Oeles	Gegenwart bestimmter Verbindungen	Eigenthümliche Farb-Reaktionen	Aeußere Erscheinung der Seifenlösung, hergestellt durch Kochen von 0,65 ccm Oel mit 5 ccm alkohol. Kalilauge (33 g KOH in 1 Lit. 90 % Alkohol)	Sonstige Beobachtungen und Bemerkungen
Benedikts Analyse der Fette 1892 S. 273 u. 274	G. De Negri und G. Fabris	Versuchsanstalt					
0,9115 bis 0,9125	—	0,9100 bis 0,9115	Schwankt je nach der Herstellung des Produktes; die billigeren Oele erstarren schon über 0	—	—	Bei 18—20° völlig klar	Verrathen sich in nicht zu stark riechenden anderen Oelen durch eigenthümlichen Geruch.
0,9105 bis 0,9135	0,9125 bis 0,9145	0,9127	Bei — 5 C° meist noch fließend, bei — 9 C° erstarrt	Bisweilen Spuren von Arachinsäure	—	Bei 18—20° klar. Oele, welche schon von Natur wenig Arachinsäure enthalten (z. B. Oel Nr. 3 in Tab. 2) und solche mit 15 % Erdnußöl geben bei 18 C° nach einigem Stehen flockige Niederschläge	Zum Nachweis der Arachinsäure oder des Erdnußöles durch Beobachtung der aus 0,65 ccm Oel und 5 ccm alkohol. Kali hergestellten Seifenlösung ist diese zuvor auf 3,8 ccm einzudampfen und dann mit absolutem Alkohol auf 5,65 ccm aufzufüllen.
0,9565 bis 0,9625	—	—	—	—	—	Bei 0° klar. 10 % Rüböl, Erdnußöl und Cottonöl gaben bereits flockige Niederschläge	—
0,9125 bis 0,9165	0,9130 bis 0,9165	0,9130 bis 0,9155	Sind meist bei 0° schon erstarrt	Enthält 1/22 Arachinsäure. Nach Renard bis 10 % Erdnußöl im Olivenöl nachweisbar	Mittelst Reaktion v. Hauchecorne 15 % Arachisöl im Olivenöl nachweisbar	Bei 20° breiig bis gelatinös	—
0,9105 bis 0,9135	0,9115 bis 0,9135	0,9100 bis 0,9117	Scheiden zuweilen bei 0° schon talgartige Körnchen ab, erstarren meist bei — 3°, einige erst tiefer	Enthält nach Ponzio 0,4 % Arachinsäure	5—10 % Rüböl lassen sich nach G. De Negri und G. Fabris durch die Reag. von Hauchecorne und Heidenreich im Olivenöl nachweisen	Bei 20° feste strahlige weiße bis gelblichweiße Masse	Nach neueren Untersuchungen des Verf. lassen sich die Rüböle, wenn sie sehr lange, z. B. 5 bis 8 Std. abgekühlt werden, meistens schon bei 0° in einen völlig starren Zustand überführen. Die Proben wurden dann und wann mit einem Glasstab bewegt.
0,9195 bis 0,9205	0,9195 bis 0,9202	0,9155 bis 0,9175	Erstarren zwischen — 3 und — 5°	—	Mit Baudouins Reagens 2 % in anderen Oelen durch Rothfärbung nachweisbar	Bei 20° starke flockige Abscheidungen	—
0,9185 bis 0,9275	0,9195 bis 0,9205	0,9185 bis 0,9193	Sind bei 0° meistens schon starr	Enthält 1,64 % eines goldgelben, unverseifbaren Oeles (Allen u. Thomson)	Mit Bechi- und Millian-Reagens braune bis schwarzbraune Färbung, zweifelhaft sind alte und stark erhitzte Oele	desgl.	Nach Bechi sind 10 %, nach Millian 5 % Cottonöl im Olivenöl nachweisbar.
0,9205 bis 0,9335	0,9235	0,9205	Bei — 15° meist noch fließend	—	—	Bei 19—20° klar. 20 % Erdnußöl gaben Niederschläge	—
0,9165 bis 0,9285	—	0,918 bis 0,920 (3 Oele)	Erstarren zwischen 0 und — 5°	—	—	desgl.	—
0,9205 bis 0,9225	0,9225	0,9202	Bei — 12° noch fließend, — 17° theilweise erstarrt	—	—	—	—
0,9215 bis 0,9275	0,9245	0,9260 bis 0,9305	Bei — 15° noch fließend	—	—	Bei 20° klar oder sehr geringer Niederschlag	—
0,9285 bis 0,9335	0,9307	0,9275	Bei — 15° noch fließend	—	—	Bei 20° klar	—
0,8725 bis 0,8795	—	0,8769	Erstarren schon wenige Grade über 0	Erhebliche Mengen von Estern höherer Alkohole, sofern nicht weitgehende Abpressung stattgefunden hat	—	—	Riechen thranartig.

Tabelle 2. Als normal reine Oele von zuverlässigen Bezugs-

Laufende Nr.	Einsender	Bezeichnung durch den Einsender	Aeußere Erscheinungen (im Reagensglas beobachtet)	Spezifisches Gewicht bei 20 C°	Jodzahl	Verseifungszahl
1	Gebr. Junge, Berlin	Spanisches Baumöl	grünlichgelb, klar, reiner Geruch	—	84	—
2	Gebr. Kolker, Breslau	Galipoli-Olivenöl	desgl.	9127	81	193
3	Gehe & Co., Dresden	Oleum Olivarum viride	grün, starke stearinartige Abscheidungen, nach Baumöl riechend	—	81	—
4	Gehe & Co., Dresden	Mogador-Baumöl	grünlichgelb, klar, nach Baumöl riechend	—	85	194
5	Gehe & Co., Dresden	Galipoli-Olivenöl	desgl.	—	83	193
6	J. D. Riedel, Berlin	Oleum Olivarum provin. extraf. Nizza	sehr schwach grünlich bis farblos, kaum wahrnehmbarer Geruch	—	81	195
7	Scherings grüne Apotheke	Oleum Olivarum Proc. Bari, extrafein	grünlichgelb, klar, nach Baumöl riechend	—	83	—
8	Grosse & Jahn, Altenburg i. S.	Ricinusöl	dickflüssig, schmutziggelb, trübe, schwacher Geruch	—	82,5	—
9	J. D. Riedel, Berlin	Oleum Ricini Italic. albiss., extraf.	dickflüssig, schwach gelblich bis wasserhell, klar, reiner Geruch	—	82	183
10	Gebr. Kolker, Breslau	Arachidöl	farblos, klar, reiner Geruch	913	87	192
11	Gebr. Kolker, Breslau	Erdnußöl sec. Pressung	gelb, starke stearinart. Abscheid., schwach fluorescir.	—	—	—
12	G. W. Fahrenholtz, Magdeburg-Sudenburg	Erdnußöl	leichtflüssig, hellgelb, klar, nußartig riechend	—	94	196
13	Dr. Wiederhold, Cassel	Normalrüböl	klar, weingelb, reiner Geruch	—	103	171
14	Heinrich Keibel, Berlin	Jnl. Hanföl	bräunlichgrün, klar, reiner Geruch	0,926	176	194
15	Heinrich Keibel, Berlin	Leinöl	klar, hellgelb, reiner Geruch, setzt Bodensatz ab beim Stehen	—	171	193
16	—	Sonnenblumenöl, in der Versuchsanstalt hergestellt	klar, hellweingelb, angenehmer Geruch und Geschmack	0,9202	134	193
17	Cuypers und Stalling, Dresden	Kammfettöl	—	—	86,5	195
18	Dr. Lobry de Bruyn in Amsterdam	Spermacetiöl	hellgelb, thranartiger Geruch, setzt beim Stehen Bodensatz ab	0,8769	—	117

quellen eingezogene vegetabilische und animalische Oele.

Flüssigkeitsgrad nach Engler bei 20 C° (Wasser von 20 C° = 1)	Verhalten in der Kälte	Gehalt an freier Säure, berechnet als %		Aeußere Erscheinung der alkoholischen Kalifeifenlösung des Oeles bei 18 C°	Sonstige Beobachtungen
		Schwefelsäureanhydrid	Oelsäure		
—	— 5,5 C° fließend, stark getrübt	1,44	10,29	—	—
11,4	— 5 C° nicht fließend, schmalzartig; 0° fließend, schwach getrübt	0,49	3,45	klar fließend	Bei der Hauchecorneschen Reaktion wird das Oel grünlichgelb gefärbt.
—	0° nicht fließend, dünnsalbig	3,89	27,42	geringer flockiger Niederschlag	Bei der Hauchecorneschen Farbenreaktion wurde das Oel rothbraun gefärbt. Aus 40 g Oel wurde eine geringfügige Menge bei 75° schmelzende Arachinsäure erhalten.
11,07	0° klar, fließend; — 5° stark getrübt, fließend; — 8° nicht fließend, dünnsalbig	2,31	16,29	klar	—
11,84	— 8° klar fließend nach 4½ stündiger Abkühlung	0,54	3,77	—	—
11,99	0° getrübt, fließend; — 8° getrübt, fließend	0,33	2,29	—	Bei der Hauchecorneschen Farbenreaktion wird das Oel gelb gefärbt. Abwesenheit von Arachinsäure bei 40 g Oel festgestellt.
—	0° talgartig erstarrt	0,16	1,13	klar fließend	—
—	—	0,25	1,76	bei 0° fast völlig klar	—
—	—	0,31	2,15	—	—
11,55	0° nicht fließend, dünnsalbig	0,17	1,20	gelatinös, nicht fließend	—
—	0° butter- bis talgartig	1,83	12,90	—	—
—	0° nicht fließend, dünnsalbig; — 5° erstarrt	0,95	6,70	z. Th. gelatinös erstarrt	—
13,5	— 8° nach 4½ stündiger Abkühlung klar, fließend	0,04	0,28	—	—
—	—	2,55	18,0	—	Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,624 giebt intensive Grünfärbung.
—	—	0,16	1,13	—	Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,624 giebt intensive Grünfärbung.
20° 8,2 30° 5,5 40° 3,9 50° 3,1	— 12° fließend; — 17° theilweise erstarrt	0,62	4,4	—	—
—	0° talgartig erstarrt	0,37	2,61	—	—
5,58	0° nicht fließend	0,27	1,90	—	Brechungskoeffizient bei etwa 18 C° = 1,4667.

Tabelle 2a. **Untersuchung des Reinheitsgrades der als „Olivenöle"**

(Laufende Nr. 1—12

Laufende Nr.	Aeußere Erscheinungen (im Reagensglas)	Spez. Gewicht bei 20 C° (Wasser von 4 C° = 1)	Flüssigkeitsgrad nach Engler bei 20 C° (Wasser von 20 C° = 1)	Verhalten in der Kälte C°	Brechungskoeffizient bei 18 C°	Unverseifbare Oele		Jodzahl
						Mineral-Oel	Harz-Oel	
1	leichtflüssig, klar weingelb, riecht erdnußöl- bis cottonölartig	9193	—	0° schwach getrübt, fließend; —3° fließend; —5° butterartig, starr	1,4732	nicht zugegen	nicht zugegen	106
2	leichtflüssig, gelblich grün, klar, riecht baumölartig	—	—	—	—	—	—	80,3
3	leichtflüssig, gelblich grün, klar, riecht rosmarinölartig	—	—	0° schwach getrübt, fließend; —3° fließend; —5° zum Theil erstarrt	1,4698	—	—	80,3
4	leichtflüssig, grünlichgelb, trübe, nach Baumöl riechend	9126	—	0° und —3° getrübt, fließend; —5° zum Theil erstarrt	1,4697	nicht zugegen	nicht zugegen	81
5	leichtflüssig, hellgelb, klar, nach Baumöl riechend	9135	—	—9° klar fließend	1,4706	desgl.	desgl.	89 der Fettsäuren 86,4 *)
6	desgl.	9111	—	—0° und —9° schwach getrübt, fließend	1,4720	desgl.	desgl.	94
7	desgl.	—	—	0° klar fließend; —5° getrübt fließend; —9° butterartig, starr	1,4713	—	—	83
8	leichtflüssig, weingelb klar, nach Baumöl riechend	9123	—	—9° klar fließend	1,4723	nicht zugegen	nicht zugegen	95
9	leichtflüssig, grüngelb, trübe, nach Baumöl riechend	9122	—	0° und —5° stark getrübt, fließend; —9° talgartig	1,4696	desgl.	desgl.	81
10	leichtflüssig, grüngelb, klar, nach Baumöl riechend	9125	—	0° klar fließend; —5° stark trübe, fließend; —9° butterartig, starr	1,4696	desgl.	desgl.	80
11	leichtflüssig, gelbgrün, trübe, nach Baumöl riechend	9127	—	—5° getrübt, fließend	1,4711	desgl.	desgl.	83
12	leichtflüssig, schmutziggrün bis dunkelgrün, schwach durchscheinend, zeigt in dünner Schicht Abscheidungen, riecht nach Baumöl	9245	filtrirt 18,9 nicht filtrirt 20,1	0° schwer fließend; —5° nicht fließend, dünnsalbig	—	desgl.	desgl.	filtrirtes Oel 74,4
13	leichtflüssig, gelb, trübe, riecht nach Baumöl	912	11,25	0° fließend; —5° nicht fließend, schmalzartig; —8° butterartig	1,4703	desgl.	desgl.	86

*) Bei den Oelen Nr. 2, 3 und 7 wurde wegen des vom Auftraggeber beanstandeten hohen Säuregehaltes von einer

oder „Baumöle" zu Prüfungsanträgen eingereichten Schmieröle.
im Jahre 1893.)

Verseifungszahl	Löslichkeit der Kaliseife in absol. Alkohol	Farbenreaktionen: auf Sesamöl nach Baudouins	Farbenreaktionen: auf Cottonöl nach Millian und Becchi	Gehalt an freier Säure, berechnet [1]) als % SO_3 [2]) als Oelsäure %	Prüfungsbefund und sonstige Bemerkungen*)
193	—	—	Millian dunkelbraun	[1]) 0,04 [2]) 0,29	Das Oel besteht aus stearinarmem Baumwollsaatöl. (Bei der Hauchecorneschen Farbenreaktion wird das Oel braunroth gefärbt.)
193	—	—	—	[1]) 1,18 [2]) 8,44	Unverdächtiges Baumöl.
190	—	—	—	[1]) 0,41 [2]) 2,93	Unverdächtiges Baumöl.
191	leicht löslich	—	—	[1]) 0,24 [2]) 1,72	Unverdächtiges Baumöl.
189	desgl.	negativ	Millian negativ	säurefrei	Nicht beanstandet. *) des mit Natriumcarbonat erhitzten Oeles 85.
182	desgl.	negativ	—	[1]) 0,24 [2]) 1,72	Enthält in erheblicher Menge raffinirtes Rüböl.
200	—	—	—	[1]) 0,44 [2]) 3,15	Unverdächtiges Baumöl.
181	leicht löslich	negativ	—	[1]) 0,12 [2]) 0,86	Enthält in erheblicher Menge Rüböl.
189	desgl.	negativ	—	[1]) 0,23 [2]) 1,64	Unverdächtiges Baumöl.
191	desgl.	negativ	—	[1]) 0,30 [2]) 2,15	Unverdächtiges Baumöl.
198	—	negativ	Millian negativ	[1]) 0,30 [2]) 2,15	Unverdächtiges Baumöl.
182	—	negativ	Millian negativ	[1]) 0,18 [2]) 1,29	Ist ein künstlich eingedicktes Produkt. Nach 7stündigem Erhitzen in dünner Schicht auf 100° noch flüssig. Gehalt an in Petroläther unlöslichen Oxysäuren 3,5 %.
191	leicht löslich	negativ	—	—	Unverdächtiges Baumöl.

vollständigen Untersuchung abgesehen.

Wie eine Vergleichung der vorstehend beschriebenen Versuchsausführung mit den hauptsächlichsten der in der Literatur der letzten Jahre gemachten Vorschläge ergiebt, ist eine Reihe von Anregungen, z. B. von Benedikt, Fahrion, Dieterich ꝛc. in die Versuchsmethode aufgenommen worden. Der Ueberschuß von etwa 75% ist von den italienischen Autoren G. De Negri und G. Fabris, welche noch 1891 mit dem früheren niedrigen Hüblschen Ueberschuß arbeiteten, für nicht trocknende Oele annähernd und von mehreren anderen Chemikern nach den mitgetheilten Jodzahlen zu urtheilen auch für trocknende Oele ganz angenommen worden. Die niedrigen Zahlen, welche die genannten italienischen Autoren für trocknende Oele mittheilen, sind zweifellos auf einen noch zu geringen Jodüberschuß zurückzuführen. Schon theoretische Erwägungen ergeben, daß die Jodzahlen von frischen Leinölen weit über 170 liegen müssen. Durch ein 24stündiges Einwirkenlassen der Jodlösung, wie es z. B. Dieterich[1]) empfiehlt, das zu erstreben, was man bequem nach zweistündiger Einwirkung der Jodlösung durch genügenden Jodüberschuß erzielen kann, erscheint wegen des unnöthigen Zeitaufwandes nicht zweckmäßig.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei hervorgehoben, daß man natürlich bei festen Fetten, welche immer eine unter 65 liegende Jodzahl besitzen, mit den früher von Hübl angegebenen Vorschriften, d. h. Anwendung von 20 ccm Jodlösung auf 0,3—0,4 g Substanz, wohl auskommen kann, weil wegen der niedrigen Jodzahl und der geringen Empfindlichkeit der vorhandenen ungesättigten Säuren (meist Oelsäure) gegen größere Ueberschüsse an Jod hier immer ein ausreichender Jodüberschuß vorhanden sein muß.

Der von Dieterich erhobene Einwand, daß die Zahlen bei einem Ueberschuß von 75% Jod nur ungenau werden, erscheint wenig zutreffend, wenn man z. B. die in der Tab. 1 zusammenfassend und in Tab. 2 im Einzelnen mitgetheilten Jodzahlen betrachtet. Für zuverlässig reine Baumöle z. B. bewegen sich die bei 75% Jodüberschuß erhaltenen Zahlen meistens zwischen 81 und 85, ganz wie sie von Dieterich selbst festgestellt wurden. Auch bei den übrigen Oelen, mit Ausnahme von Hanföl, lehnen sich die vom Verfasser gefundenen Zahlen vollständig an die Zahlen von Benedikt, von G. De Negri und G. Fabris an. Die unter den oben festgesetzten Bedingungen für Rizinusöl gefundene Jodzahl kommt der theoretischen Zahl trotz des angewendeten größeren Jodüberschusses noch näher als die s. Z. von Fahrion mitgetheilte Zahl. Auch ist es nach Kenntniß der Einwirkung der Jodlösung auf Oelsäure zweifellos, daß bei Olivenöl die vom Verfasser und anderen mitgetheilten Zahlen nur wenig über die theoretischen Zahlen hinausgehen. Schließlich ergiebt die Rechnung, daß die vom Verfasser, sowie mehreren anderen Autoren in neuerer Zeit mitgetheilten Jodzahlen für Leinöl 170—181 bedeutend näher der hohen theoretischen Jodzahl dieses Oeles liegen als die mit niedrigem Jodüberschuß erhaltenen Zahlen.

2. Schwankungen der Jodzahl, bedingt durch die Herstellungsweise der Oele.

Die Herstellungsweise der Oele hat besonders bei denjenigen Oelen, welche von Natur reich an festen Glyceriden sind, einen großen Einfluß auf die Jodzahl, so z. B. bei Knochenölen, Klauenfetten, Erdnußölen. Je nach dem Verwendungszweck werden mehr oder weniger feste Glyceride bei der Verarbeitung abgepreßt, je mehr aber diese entfernt sind, um so höher steigt die Jodzahl. Die Knochen- und Klauenöle für feine Mechanismen, insbesondere für Chronometer ꝛc. müssen eine klar flüssige Beschaffenheit bei allen in Frage kommenden,

[1]) „Helfenberger Annalen" 1892 und 1893.

z. B. auch bei ziemlich niedrigen Wärmegraden beibehalten, und werden hierzu soweit wie irgend möglich von festen Glyceriden befreit. Demnach bestehen diese Oele aus fast reinem Olein und haben die höchste Jodzahl aller handelsüblichen Klauenöle. Die bis jetzt festgestellten Jodzahlen für Knochenöle und Klauenfette liegen zwischen 44 (bei Zimmerwärme fast völlig starre Oele) und 82 (bei — 10 C° noch klarflüssige Produkte). Auch andere Herstellungsweisen haben, wie G. De Negri und G. Fabris zeigten, Einfluß auf die Jodzahl, z. B. haben die mit Lösungsmitteln extrahirten Olivenöle in Folge größeren Gehaltes an festen Glyceriden niedrigere Jodzahl als die gepreßten Oele. Manche Oele werden durch künstliches Einblasen von Luft eingedickt, nehmen dabei viel Sauerstoff auf unter Bildung von Oxysäuren und erhalten dadurch niedrigere Jodzahlen, z. B. haben sogenannten Blown-Oils aus Baumwollsaatöl bis zu 60 herabgehende Jodzahlen.[1]) Leinöle können durch Einkochen bei mangelndem Luftzutritt unter Polymerisation zu Firnissen werden[2]) und nehmen alsdann auch bedeutend weniger Jod auf.

3. Schwankungen der Jodzahl bedingt durch von selbst in den Oelen eintretende Veränderungen.

Schon von verschiedenen Seiten ist darauf hingewiesen worden, daß beim Lagern der Oele erhebliche Veränderungen in ihrem Jodaufnahmevermögen stattfinden können. Man muß sich daher bei Bestimmung der Jodzahl besonders bei trocknenden Oelen unter Hinzuziehung des spezifischen Gewichtes, welches bei alten Oelen steigt, und des Gehaltes an Oxysäuren, die Möglichkeit jener Einflüsse gegenwärtig halten, wenn nicht etwa falsche Schlüsse aus den Jodzahlen gezogen werden sollen.

Vorstehend ist gezeigt worden, in wie weit die Schwankungen der Jodzahl durch die verschiedenartigen Bedürfnisse des Handels bei der Herstellung der Oele und durch von selbst eintretende Veränderungen der Oele bedingt sind und in wie weit sie von der Willkür der Versuchsmethode abhängig sind.

Auch die Verseifungszahlen, spezifischen Gewichte und manche Reaktionen der Oele sind durch verschiedene Umstände bei Herstellung der Oele, sowie durch von selbst eintretende Veränderungen in den Oelen erheblichen Schwankungen unterworfen. Alle diese Verhältnisse müssen bei der Prüfung auf Reinheit der Oele in Rücksicht gezogen werden; sie weisen darauf hin, daß man fast in den meisten Fällen die Gegenwart des einen fetten Oeles in einem andern nie mit derjenigen Genauigkeit feststellen kann, wie es z. B. bei allen anorganischen Substanzen in deren Mischungen der Fall ist. Fast alle Reaktionen, alle chemischen und physikalischen Konstanten haben somit bei der Untersuchung von Oelen ihren Vorbehalt.

Eine zweckmäßige Neuerung haben kürzlich G. De Negri und G. Fabris[3]) zur Bestimmung der Verseifungszahl solcher Oele vorgeschlagen, deren alkoholische Kaliseifenlösung an sich zu tief braun oder röthlich gefärbt ist und daher den Farbenumschlag des als Indikator gewöhnlich benutzten Phenolphtaleïns auf Zusatz überschüssigen Alkalis nicht scharf zu beobachten gestattet. (Die Versuchsanstalt hat in derartigen Fällen, welche übrigens besonders bei Thranen häufig auftreten, gewöhnlich unter starker Verdünnung der Seifenlösung gearbeitet. Mit viel

---

[1]) Benedikt, „Analyse der Fette“ 1892.
[2]) Fahrion, „Zeitschrift für ang. Chemie“ 1892, 172.
[3]) „Selmi“ 1892, 10—11.

Wasser zu verdünnen ist wegen der Zersetzlichkeit der Seifen durch Ueberschuß von Wasser in saures fettsaures Salz und freies Alkali[1]) nicht zu empfehlen, besser ist es, 90- bis 96prozentigen neutralisirten Alkohol zu verwenden.) Nach G. De Negri und G. Fabris soll nun in diesen Fällen das sogenannte Alkaliblau von Meister, Lucius und Brüning als Indikator benutzt werden, weil dieser bei Gegenwart von Alkali rothe Indikator durch Ueberschuß von Säuren blau gefärbt wird.

Vorversuche, welche in der Versuchsanstalt mit diesem Indikator angestellt wurden, lassen seine Anwendung zweckdienlich erscheinen, doch wird es erwünscht sein, in der Ausführungsweise der Versuche etwas von den Vorschlägen G. De Negris und G. Fabris abzuweichen, insbesondere weniger Indikatorlösung (1—1,5 ccm) zu benutzen und in einer Porzellanschale zu titriren, wenn die Uebergänge scharf beobachtet werden sollen.

Die von den genannten italienischen Autoren gleichzeitig in Vorschlag gebrachten Abänderungen des Renardschen Verfahrens zur Abscheidung der Arachinsäure aus fetten Oelen[2]) haben sich bei den hiesigen Versuchen als empfehlenswerth erwiesen. Hiernach sind die Bleisalze in ätherischer Lösung kalt zu fällen und auf dem Filter unter wiederholtem Dekantiren auszuwaschen. Die Zersetzung der Salze erfolgt im Scheidetrichter durch Schütteln mittelst Salzsäure und Aether.

Nachdem nunmehr die Bedeutung und zweckmäßige Bestimmungsweise der in Tab. 1 niedergelegten Eigenschaften der Oele erörtert worden sind, wird eine kurze Beschreibung der Aufeinanderfolge der einzelnen Operationen im qualitativen Untersuchungsgange der als völlig verseifbar befundenen fetten Oele erwünscht sein.

Bei allen Oelen werden zunächst, ganz gleich ob die Angabe des Einsenders des Materials schon durch die äußeren Erscheinungen des Oeles in Frage gestellt wird oder nicht, die Jodzahl und Verseifungszahl in je zwei Versuchen festgestellt.[3]) Weichen die Zahlen der Einzelversuche bei den Jodzahlen über 1,5, bei den Verseifungszahlen über 2 von einander ab, so wird ein dritter Versuch zur Kontrole vorgenommen. Die gefundenen Jod- und Verseifungszahlen geben dem Beobachter gemäß der Gruppirung in Tab. 1 und 5, sowie nach den oben entwickelten Gesichtspunkten die Handhabe zur ungefähren Einreihung des Oeles an den ihm zukommenden Platz. In der Tab. 5, welche die Nachweisbarkeit fremder Oele im Olivenöl mit Hülfe der Jodzahl zeigt, ist von der Hinzuziehung des Erdnußöles Abstand genommen worden, weil dieses Oel, wie Tab. 1 zeigt, sich hinsichtlich der Jodzahl dem Olivenöl zu sehr nähert und sich in Zusätzen über 10% genügend sicher durch Nachweis der Arachinsäure erkennen läßt. Eine über die gewöhnlichen Grenzen bei Olivenöl, Klauenfetten und Rüböl hinausgehende Jodzahl erregt natürlich, wenn sie nicht gerade in der Nähe der Jodzahlen trocknender Oele liegt, nur den Verdacht einer Verfälschung, ohne dieselbe näher zu charakterisiren. Letzteres geschieht erst durch die Hinzuziehung weiterer Eigenschaften; z. B. weist eine über 88 liegende Jodzahl und eine unter 188 liegende Verseifungszahl auf die Gegenwart von Rüböl hin. Die Verseifungszahl charakterisirt überhaupt ausschließlich das Rüböl, resp. die Cruciferenöle gegenüber den übrigen Oelen, wenn man von dem in den gewöhnlichen

---

[1]) „Ber. d. D. Chem. Gesellsch." 1894, 27; S. 1747.

[2]) Publicazione del Laboratoris Centrale delle Gabelle 1893, Roma, Gli Olii, Parte II.

[3]) Zweckmäßig ist es, zuvor den Säuregehalt zu bestimmen und für den Fall, daß das Oel stark sauer ist, Jodzahl und Verseifungszahl von den abgeschiedenen Fettsäuren zu bestimmen.

Tabelle 3. Untersuchung des Reinheitsgrades der als Knochenöle, Klauenfett ꝛc. zu Prüfungsanträgen eingereichten animalischen Oele.

ꝛzeich- nung rch den nſender	Aeußere Erscheinungen (im Reagensglas beobachtet)	Flüssigkeitsgrad nach Engler (Wasser von 20 C° = 1)	Verhalten in der Kälte	Spezifisches Gewicht bei 20 C° (Wasser von 4° = 1)	Brechungskoeffizient bei etwa 18 C°	Säuregehalt % Oelsäure	Jodzahl	Verseifungszahl	Sonstige Beobachtungen	Prüfungsbefund
ochenöl	leichtflüssig, hellgelb, klar, nach Knochenöl riechend	—	— 5° sehr schwach getrübt, fließend; — 10° zum Theil erstarrt	0,9109	—	0,86	95	182	Mit alkoholischem Kali völlig verseifbar. Die Löslichkeit der Kaliseife in absolutem Alkohol deutet auf Gegenwart von Rüb-Oel.	Enthält mehr als die Hälfte gut raffinirtes Rüb-Oel.
lauenöl	leichtflüssig, gelb, klar, nach Klauenfett riechend	bei 20 C° 7,7	—	0,8914	—	0,12	75	158	Mit alkoholischem Kali anscheinend völlig verseifbar, da Wasserzusatz zur Seifenlösung keinen Niederschlag giebt. Mineral-Oel ist nicht zugegen. Mit Petroläther läßt sich aber aus der alkoholischen Seifenlösung 11,4% eines festen, leicht schmelzbaren Fettes extrahiren, welches sich durch seine leichte Löslichkeit in Essigsäureanhydrid, in 70prozentigem Alkohol, in konzentrirter Schwefelsäure als ein Gemisch von höheren Alkoholen erweist. Mit Natronkalk erhitzt entwickelt es Wasserstoff, es schmilzt bei 20—22 C°. Der Essigester dieses Fettes hat die Verseifungszahl 183. Aus dem ursprünglichen Oel läßt sich mit Wasserdampf kein ätherisches Oel übertreiben.	Es ist die Gegenwart erheblicher Mengen eines sogenannten flüssigen Wachses, d. h. eines Seethieröles wie z. B. Spermacetiöl, Haifischthran ꝛc. anzunehmen, welche in der Regel erhebliche Mengen höherer Alkohole enthalten.
ammfett	leichtflüssig, gelb, schwach getrübt, nach animalischen Fettrückständen riechend	—	bei 0° nicht fließend, dicksalbig	0,9144	—	—	80	198	Arachinsäure nach Renard nicht zugegen. Baudouin negativ.	Unverdächtiges Kammfett.
Walöl	leichtflüssig, gelb, schwach getrübt, nicht fluorescirend, schwach thraniger Geruch	—	bei 0° getrübt, leicht fließend; bei — 12° stark getrübt, schwer fließend	0,9484	des ursprünglichen Oeles 1,511 des mit Alkohol extr. Oeles 1,532	—	78	94	Mit alkoholischem Kali nicht völlig verseifbar. Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,1624 wird beim Schütteln mit dem Oel blutroth gefärbt. Beim Verseifen mit alkoholisch. Kali tritt Rothfärbung auf. Nitronaphthalin ist durch Reduktion zu Naphtylamin nachweisbar. Das unverseifbare Oel ist sehr dickflüssig und löst sich zu 1 Theil in einem Gemisch von 10 Theilen 95prozentigem Alkohol und 1 Theil Chloroform. Die Menge des Unverseifbaren beträgt etwa 48%; in Essigsäureanhydrid löst sich von dem unverseifbaren Oel nichts auf.	Das Oel besteht aus Thran und Harzöl.

Tabelle 4. Untersuchung des Reinheitsgrades der als

Laufende Nr.	Bezeichnung durch den Einsender	Aeußere Erscheinungen (im Reagensglas beobachtet)	Spezifisches Gewicht bei 20 C°	Flüssigkeitsgrad nach Engler bei 20 C° (Wasser von 20 C° = 1)	Verhalten in der Kälte
1	Doppelt raffinirtes Rüböl	leichtflüssig, hellgelb, klar, nach Rüböl riechend	0,910	11,4	— 5° talgartig erstarrt
2	Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, nach rohem Rüböl riechend	0,915	10,8	— 5° fließend, klar; — 15° fließend, schwach trübe
3	Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, nach raffinirtem Rüböl riechend	0,9105	12,9	— 3° talgartig erstarrt
4	Spar-Rüböl	desgl.	0,9112	13,2	0° klar fließend; — 3° talgart. erstarrt
5	Feinstes raffinirtes Rüböl	desgl.	0,9117	—	—
6	Raffinirtes Rüböl	desgl.	0,9106	—	—
7	Doppelt raffinirtes Rüböl	desgl.	0,9109	—	—
8	Spar-Rüböl	desgl.	0,9114	—	—
9	Rüböl	leichtflüssig, gelb, in breitere Schicht gelbbraun, fluorescirend, mit blauem Schimmer, klar, nicht riechend	0,9021	—	—
10	Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, sehr schwacher Geruch nach raffinirtem Rüböl	0,9100	—	—
11	Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, nach raffinirtem Rüböl riechend	0,9116	—	—
12	Spar-Rüböl	leichtflüssig, schwach gelb, klar, nach raffinirtem Rüböl riechend	0,9109	—	—
13	Rüböl	leichtflüssig, hellgelb, klar, nach raffinirtem Rüböl riechend	0,9113	—	0° merkliche talgartige Abscheid., fließend
14	Rüböl zu Schmierzwecken	leichtflüssig, gelb, klar, nach rohem Rüböl riechend	0,9108	—	bei 0° nach 8stünd. Abkühlung völlig starr
15	Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, schwach nach raffinirtem Rüböl riechend	0,9104	—	—
16	Rohes Rüböl	leichtflüssig, gelb, klar, schwach nach rohem Rüböl riechend	0,9116	—	—

Rüböle zu Prüfungsanträgen eingereichten Schmieröle.

Unverseifbare Oele		Jodzahl	Verseifungszahl	Säuregehalt ¹) % SO_3 ²) % Oelsäure	Reaktion auf Sesamöl nach Baudouin	Brechungskoeffizient bei etwa 18 C°	Sonstige Beobachtungen	Prüfungsbefund
Mineral-Oel	Harz-Oel							
nicht zugegen	nicht zugegen	101	173	¹) 0,02 ²) 0,14	—	1,4716	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	120	182	¹) 0,24 ²) 1,72	negativ	1,4747	Millian negativ	Ist in erheblichem Maße mit trocknendem Oel verfälscht.
desgl.	desgl.	100	176	¹) 0,75 ²) 5,36	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	98	176	¹) 0,78 ²) 5,58	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	100	177	¹) 0,01 ²) 0,07	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	101	177	¹) 0,45 ²) 3,22	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	99	174	¹) 0,63 ²) 4,50	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	100	174	¹) 0,42 ²) 3,00	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
ist zugegen	desgl.	—	119	¹) 0,34 ²) 2,43	—	—	—	Ist zu etwa ⅓ mit Mineralöl versetzt.
nicht zugegen	desgl.	99	173	¹) 0,35 ²) 2,50	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	104	175	¹) 0,32 ²) 2,29	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	101	175	¹) 0,03 ²) 0,21	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	101	173	¹) 0,05 ²) 0,36	negativ	—	—	Unverdächtiges raffinirtes Rüböl.
desgl.	desgl.	100	176	¹) 0,12 ²) 0,86	negativ	—	—	Unverdächtiges rohes Rüböl.
desgl.	desgl.	100	172	¹) 0,61 ²) 4,36	negativ	—	—	Unverdächtiges rohes Rüböl.
desgl.	desgl.	103	173	¹) 0,13 ²) 0,93	negativ	—	Die alkoholische Kaliseifenlösung erstarrt in charakteristischer Weise	Unverdächtiges rohes Rüböl.

Tabelle 5. Einfluß fremder Zusätze auf die Jodzahl des Olivenöls.

Die eckig eingeklammerten Zahlen sind die im ungünstigsten Fall noch erkennbare Grenze eines Zusatzes.

Art des Zusatzöles	Jodzahl des Zusatzöles	Menge des zugesetzten Oeles in %	Berechnete Jodzahl der Mischung für Olivenöl von der Jodzahl		
			80	84	88
Leinöl	180	20	100,0	—	—
	180	10	90,0	—	—
	180	[8]	88,0	—	—
	180	6	86	89,8	—
	180	4	84	87,8	—
	180	1	81	—	88,7
Leinöl	170	20	98,0	—	—
	170	10	89,0	—	—
	170	[9]	88,1	—	—
	170	6	85,4	89,2	—
	170	5	84,5	88,3	—
Mohnöl	140	20	92,0	—	—
	140	15	89,0	—	—
	140	[13]	87,8	—	—
	140	10	86,0	89,6	—
	140	8	84,8	88,5	—
Baumwollsaatöl	115	30	90,5	—	—
	115	25	88,8	—	—
	115	24	88,4	—	—
	115	[23]	88,1	—	—
	115	20	87	90,2	—
	115	15	85,3	88,7	—
Baumwollsaatöl	110	30	89,0	—	—
	110	28	88,4	—	—
	110	[27]	88,1	—	—
	110	20	86	89,2	—
	110	16	84,8	88,2	—
Rüböl	108	30	88,4	—	—
	108	[29]	88,1	—	—
	108	25	85,2	88,2	—
Rüböl	100	50	90	—	—
	100	[40]	88	—	—
	100	30	—	88,8	—
	100	27	—	88	—

vegetabilischen und animalischen Schmierölen selten vorkommenden Ricinusöl, einigen Thransorten und den sogenannten flüssigen Wachsen absieht.

Ist nach Feststellung einer niedrigen Verseifungszahl ein Zweifel begründet, ob Rüböl oder ein anderes der letztgenannten Oele vorhanden ist, so entscheiden Petrolätherauszug der Seifenlösung (höhere Alkohole aus flüssigen Wachsen), Geruch (Thran hat eigenthümlichen Geruch), Löslichkeit in 90proz. Alkohol, Petroläther und Dickflüssigkeit (die letztgenannten drei Eigenschaften charakterisiren Ricinusöl) ꝛc., mit welchem Zusatz man zu rechnen hat. Freilich lassen sich auch hier theoretisch Fälle von Mischungen konstruiren, wo der Experimentirende bezüglich der Zusammensetzung des Materials in Zweifel gerathen kann. Hat man bei einem

Olivenöl eine normale, d. h. über 188 liegende Verseifungszahl und eine über 80 liegende Jodzahl gefunden, so wird man zweckmäßig das Oel der Baudouinschen und Millianschen Reaktion unterwerfen, um die etwaige Gegenwart von Sesamöl und Baumwollsaatöl festzustellen. Ergab sich kein positiver Beweis für die Gegenwart dieser Oele, so wird noch die Löslichkeit der Kaliseife in Alkohol nach den in Tab. 1 gemachten Angaben bei 18 C° geprüft; zeigt die Lösung bei diesen Wärmegraden nach ½stündigem Stehen unter zeitweisem Rühren mittelst Glasstabes keinen Niederschlag, so ist die Gegenwart von Erdnußöl (über 15%) nicht anzunehmen. Schwache Trübungen ohne deutlichen Niederschlag können auch bei reinen Olivenölen entstehen. Entsteht ein Niederschlag, so wird der Gehalt an Arachinsäure nach dem Renardschen Verfahren unter Innehaltung der oben und früher[1]) erwähnten Abänderungen bestimmt; wenn sich über 0,4% Arachinsäure ergeben, ist ein Verdacht auf Gegenwart von Erdnußöl vorhanden.

Wie beim Olivenöl, so geht man auch bei den anderen zur Prüfung vorliegenden fetten Oelen, z. B. Klauenfett, Rüböl schrittweise vor, indem man zunächst nach Feststellung des Säuregehaltes Jodzahl und Verseifungszahl bestimmt und danach die weiteren Proben anstellt.

Bei stark säurehaltigen Oelen ist es, wie oben erwähnt, zweckmäßig, Jodzahl und Verseifungszahl von den Fettsäuren zu bestimmen.[2]) Man kann an den abgeschiedenen Fettsäuren auch das Verhalten gegen das Baudouinsche und Millianschе Reagens prüfen. Eine niedrige, d. h. unter die normalen Grenzen hinausgehende Verseifungszahl von Olivenölen, Klauenfetten oder Knochenölen bei gleichzeitig niedrigem spezifischen Gewicht (unter 0,910) erregt den Verdacht auf Gegenwart sogenannter flüssiger Wachse, welche wie oben erwähnt, durch Untersuchung der unverseifbaren höheren Alkohole charakterisirt werden. Eine niedrige Jodzahl von Olivenölen, Rüböl, Klauenfetten erregt bei einem über die normalen Grenzen hinausgehenden spezifischen Gewicht den Verdacht einer Eindickung des Oeles. In diesen Fällen giebt weiteren Aufschluß die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades und der Gehalt an Oxysäuren. Die Zunahme des letzteren braucht der Abnahme der Jodzahl nicht parallel zu gehen, weil beim Eindicken der Oele neben der Oxydation noch Polymerisationen eintreten können.[3])

Die Tab. 2a, 3 und 4 zeigen nun die bei einer Reihe amtlicher Prüfungen von Rüböl, Olivenölen und animalischen Schmierölen gewonnenen Ergebnisse und liefern so einen gewissen Ueberblick über die Menge und Art der üblichen Verfälschungen.

Unter Hinzuziehung der bereits früher veröffentlichten Angaben über die Zusammensetzung einer Reihe von fetten Schmierölen zeigt sich, daß die theuren Klauen- und Knochenöle am häufigsten, die Olivenöle weniger häufig, und am seltensten Rüböle verfälscht befunden wurden. Wo Verfälschungen angetroffen wurden, handelt es sich immer um recht erhebliche Zusätze.

Es erübrigt noch, die bei einigen interessanteren Fällen der in den Tab. 2a bis 4 angeführten Beispiele gefundenen Ergebnisse näher zu besprechen, um eine thunlichst ausführliche Begründung der Schlußurtheile über die Zusammensetzung dieser Produkte zu geben. Bei Nr. 12 in Tab. 2a, welches als Olivenöl eingeliefert wurde, fielen zunächst die niedrige

[1]) „Mittheilungen" 1891, S. 105.

[2]) Eine vollständige Uebersicht über eine Reihe der wichtigsten Eigenschaften verschiedener fetter Oele und deren Fettsäuren wurde kürzlich von Thörner in der „Chemikerzeitung" 1894, S. 1154 mitgetheilt.

[3]) Fahrion, „Chemikerzeitung" 1893, S. 434.

Jodzahl und niedrige Verseifungszahl auf. Das hohe spezifische Gewicht, der Flüssigkeitsgrad und der Gehalt an Oxysäuren zeigen, daß hier ein anormales, künstlich eingedicktes Produkt vorliegt. Wäre dasselbe aus einem trocknenden Oel hergestellt, so würde das spezifische Gewicht bedeutend höher liegen müssen, wie eine Betrachtung der spezifischen Gewichte in Tab. 1 ergiebt, auch spricht das Verhalten in dünner Schicht gegen einen Gehalt an trocknendem Oel. Dagegen weisen das Aussehen und der Geruch des Oeles darauf hin, daß das Ausgangsprodukt Olivenöl, event. mit Rüböl gemischt, ist. Für die Abwesenheit von Sesamöl und Baumwollsaatöl spricht der negative Ausfall der Baudouinschen und Millianschen Reaktion und das spezifische Gewicht, das auch bei eingedickten Produkten aus diesen Oelen voraussichtlich höher sein würde. Die niedrige Verseifungszahl, der negative Ausfall der qualitativen Verseifungsprobe zum Nachweis von Mineralöl, das niedrige spezifische Gewicht und der niedrige Flüssigkeitsgrad verriethen bei dem Klauenfett Nr. 2 in Tab. 3 den Zusatz von flüssigem Wachs.[1]) Der endgültige Beweis für die Gegenwart des letzteren wurde durch Untersuchung des unverseifbaren Bestandtheiles gebracht. Es mag bei dieser Gelegenheit hervorgehoben werden, daß die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades wiederholt dem Urtheil über die Zusammensetzung der Oele eine wesentliche Stütze geboten hat. Bei Oel 4 in Tab. 3 verrieth die qualitative Verseifungsprobe die Gegenwart von unverseifbarem Oel, dessen Harzölnatur sich einerseits aus dem Brechungskoeffizienten und spezifischen Gewicht der ursprünglichen Probe, andererseits aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften des unverseifbaren Oeles ergab.

---

2. Untersuchungen von Linoleumproben aus der Delmenhorster Linoleumfabrik zu Delmenhorst.

Von H. Burchartz, Assistent der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien.

Im Nachstehenden sind die Ergebnisse der Prüfungen von Linoleum zusammengestellt, zu deren Veröffentlichung die Antragstellerin ihre Genehmigung bereitwilligst ertheilt hat.

Die zur Untersuchung eingereichten Materialproben waren dunkellederfarben. Sie hatten in der Länge und Breite je nach der Art der Versuche, für welche sie bestimmt waren, verschiedene Abmessungen, während ihre Dicke in allen Fällen der laufenden Fabrikation entsprach.

Die ermittelten Ergebnisse würden werthvoller sein, wenn, wie Anfangs beabsichtigt war, vergleichende Versuche mit anderen Linoleumsorten zur Ausführung gelangt wären; immerhin sind sie interessant genug, um sie weiteren Kreisen bekannt zu geben.

Den Beanspruchungen gemäß, denen Materialien wie das vorliegende in der Praxis ausgesetzt sind, wurde das Linoleum verschiedenen Prüfungen unterworfen, um seine Eigenschaften ausgiebig kennen zu lernen, so namentlich seine Wasserdichtigkeit und Abnutzbarkeit. Die geringe Abnutzung, welche das Linoleum im Vergleich zu anderen Materialien für gleiche Zwecke (Fußbodenbelag) besitzt, ist bemerkenswerth, wie aus nachstehendem Vergleich hervorgeht.

---

[1]) Siehe Benedikt, „Analyse der Fette und Wachsarten" 1892, S. 376.

Tabelle 1. Abnutzbarkeit[1]) verschiedener Materialien.

a) Granit	I	4,1 ccm	d) Holz (Eiche)	I	7,3 ccm
	II	4,7 „		II	8,3 „
b) Basalt	I	5,9 „	e) Xylolith (Steinholz)	I	7,5 „
	II	6,2 „		II	7,8 „
c) Marmor	I	24,0 „	f) Thonplatten	I	5,4 „
	II	24,7 „		II	4,0 „

Die Versuche auf Zugfestigkeit wurden unter Anwendung beweglicher Einspannvorrichtungen mittelst eines Hebelapparates mit 30facher Uebersetzung, dessen Kraftäußerung auf das vertikal gespannte Versuchsstück durch eine stetig wachsende Belastung erzeugt wurde, ausgeführt.

Tabelle 2. Ergebnisse der Untersuchungen von Linoleumproben.

a) Zugfestigkeit.

Bei durchschnittlich + 20 C° geprüft.

Versuchs-Nr.	Maaße			Fläche des Querschnitts	Länge zwischen den Klemmen	Zugkraft bei der Zerstörung	Zugfestigkeit	Abstand der Reißstelle von der nächsten Klemme
	lang	breit	dick					
	Centimeter			qcm	cm	kg	kg/qcm	cm
1	60	15	0,36	5,40	46	449,0	83,1	7,5
2	60	15	0,36	5,40	46	321,0	59,4	10,0
3	60	15	0,36	5,40	46	340,0	63,6	0,5
4	60	15	0,36	5,40	46	328,0	60,7	6,0
5	60	15	0,36	5,40	46	305,0	56,5	15,5
						Summa	323,3	
						Mittel	64,7	

b) Wasseraufnahme bei verschiedenen Behandlungsarten.

Abmessungen der Platten: 25 . 12 . 0,36 cm.

A. Die Linoleumplatten wurden je eine Minute lang in Wasser gelegt und hierauf im Laboratorium auf zwei Holzleisten bei durchschnittlich + 18 C° so gelagert, daß sie von der Luft bestrichen wurden.

Mittel aus 10 Versuchen in	Gewicht der Platten beim Eintreffen	Angefeuchtet, 3 Stunden gelagert, wieder angefeuchtet und wieder 3 Std. gelagert	Zum dritten Male angefeuchtet und 6 Stunden gelagert	Zum vierten Male angefeuchtet und 6 Stunden gelagert	Weitere 6 Stunden gelagert	Zum fünften Male angefeuchtet und 6 Stunden gelagert
kg	0,122	0,123	0,124	0,124	0,123	0,125
Hieraus folgt		eine Wasseraufnahme von			eine Verdunstung von	eine Gesammtwasseraufnahme von
		1,4 %	1,6 %	1,6 %	0,9 %	2,9 %

[1]) Die Versuche auf Abnutzbarkeit wurden an Würfeln von 7,1 cm Seitenlänge, d. h. mit 50 qcm Schleiffläche, im Uebrigen unter den gleichen Verhältnissen wie die nachstehend beschriebenen Abnutzungsversuche mit den Linoleumproben ausgeführt.

B. Die Linoleumplatten wurden zwischen Leisten stehend unter Wasser von + 16 C° gebracht, ohne einander zu berühren, so daß sie vollständig vom Wasser umspült waren.

Mittel aus 10 Versuchen in	Gewicht der Platten beim Eintreffen	Eine Stunde unter Wasser gestellt	Eine zweite Stunde unter Wasser gestellt	12 Stunden auf Holzleisten an der Luft gelagert	Zwei Stunden unter Wasser gestellt
kg	0,120	0,124	0,125	0,124	0,126
Hieraus folgt		eine Wasseraufnahme von		eine Verdunstung von	eine Gesammtwasseraufnahme von
		4,1 %	4,9 %	1,5 %	5,7 %

c) Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf: 1,083.

d) Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 440 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Smirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge für 1 Minute) für den Schleifradius von 22 cm und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von

I. 149,5 g
II. 101,0 g
} mit dem spezifischen Gewicht 1,083

die Abnutzung

für den Versuch I: $0{,}7 + 0{,}2 + 0{,}6 + 0{,}4 = 1{,}9\,\text{g} = \frac{1{,}9}{1{,}083}\,\text{ccm} = 1{,}8\,\text{ccm}$;

„ „ „ II: $0{,}3 + 0{,}5 + 0{,}7 + 0{,}4 = 1{,}9\,\text{g} = \frac{1{,}9}{1{,}083}\,\text{ccm} = 1{,}8\,\text{ccm}$.

e) Biegeversuche.

Behufs Prüfung auf Biegung wurden Versuchsstücke von 15 . 2 . 0,36 cm mit der unteren Fläche um Dorne von verschiedenem Durchmesser gebogen. Hierbei ergab sich, daß die Linoleumproben sich um den Dorn von 2 cm Durchmesser legen ließen, ohne an der Oberfläche Risse zu zeigen, während sie beim Herumlegen um Dorne von geringerem Durchmesser rissig wurden.

f) Prüfung über das Verhalten gegen den Einfluß von Wasser u. s. w. auf die Färbung des Linoleums.

Zu diesem Zwecke wurden Platten von 25 . 12 . 0,36 cm in der Mitte durchgeschnitten, sodann die eine Hälfte der nachstehend angegebenen Beanspruchung ausgesetzt und die andere Hälfte — zur Erlangung eines Vergleichs — in ihrem natürlichen Zustande belassen.

Die Beanspruchung der horizontal gelagerten Platten erfolgte durch Bestreichen mit den nachstehend genannten Substanzen in Zwischenräumen von je einer Stunde, wobei von den betreffenden Plattenhälften

1. 2 Proben zehnmal mit Wasser,
2. 2 andere Proben fünfmal mit 2 % reiner Salzsäure,
3. 2 „ „ „ „ 2 % Schwefelsäure,
4. 2 „ „ „ „ 2 % Salpetersäure,
5. 2 „ „ „ „ 2 % Phosphorsäure,
6. 2 „ „ „ „ Petroleum,
7. 2 „ „ „ „ Seifenlauge

bestrichen wurden.

Die Beobachtung der Proben ergab, daß Wasser und Säuren einen Einfluß auf den Farbton der Platten nicht ausübten. Das Bestreichen mit Petroleum brachte auf kurze Zeit eine Verdunkelung der Farbe hervor, ohne fleckige Stellen zu hinterlassen. Die mit Seifenlauge behandelten Platten zeigten ebenfalls einen dunkleren Farbton, erhielten jedoch nach Abwaschen mit Wasser ihre ursprüngliche Farbe zurück.

Mit Rücksicht auf die vorstehend angegebenen Ergebnisse der Wasseraufnahmeprüfungen nahm die Antragstellerin Veranlassung, die Wasseraufnahme bezw. Wasserdurchlässigkeit des Linoleums in anderer Weise ermitteln zu lassen, indem sie darauf hinwies, daß die Linoleummasse kein Wasser aufnehme, sondern daß nur Stücke Linoleum, besonders aber kleine Stückchen, an deren Seiten die Jutefäden offen lägen, beim Anfeuchten oder stundenlangem Unterwasserstellen geringere oder größere Mengen Wasser aufzunehmen im Stande wären. Das im vorliegenden Falle angewendete Verfahren führe jedoch nicht die Möglichkeit herbei, die Dichtigkeit bezw. Undurchlässigkeit des Linoleums erkennen zu lassen.

Es lag also daran, zur Ermittelung dieser Eigenschaft ein Verfahren in Anwendung zu bringen, bei welchem eine Berührung der offen liegenden (nicht gefirnißten) Jutefäden mit Wasser ausgeschlossen war.

Die Versuche wurden daher in nachfolgender Weise angeordnet:

Auf zehn vollständig ausgetrocknete Linoleumproben (Platten mit den Abmessungen 20 . 20 . 0,36 cm) wurde je ein graduirtes Glasrohr von 35 mm lichtem Durchmesser wasserdicht aufgekittet, und zwar wurden fünf Platten auf der oberen glatten Seite und die fünf übrigen Platten auf der unteren gerippten Seite mit einem solchen Rohre versehen.

Sämmtliche Proben wurden hierauf derart wagerecht gelagert, daß sie auf zwei Seiten auflagen und ihre jeweilige untere Fläche eine genaue Beobachtung gestattete.

In die Rohre wurden sodann je 150 ccm destillirtes Wasser gefüllt und möglichst luftdicht verschlossen.

Das Ergebniß der Versuche, welches sich auf eine Zeitdauer von 24 Stunden erstreckte, war, daß kein Wasser in die Proben eingezogen war, eine Wasseraufnahme also nicht stattgefunden hatte.

3. Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

Die Versuche für die Lumpen, das für die Bereitung von Papier in vergangenen Jahrhunderten allein in Frage kommende Material, einen Ersatz zu schaffen, reichen zurück bis ins 18. Jahrhundert; schon damals erkannte man, daß die Lumpen sich nicht in dem Maße vermehren würden, um dem sich stetig steigernden Papierverbrauch zu genügen.

Jac. Chr. Schäffers Versuche und Muster, theils ohne alle Lumpen, theils mit geringem Zusatz derselben, Papier zu machen (Regensburg 1765), zeigen uns, wie früh man sich schon bemühte, die verschiedenartigsten Stoffe der Pflanzenwelt der Papiermacherei dienstbar zu machen.

Großes auf diesem Gebiete zu leisten, blieb indessen erst unserer Zeit vorbehalten, und erst nachdem es unserer rastlos vorwärts strebenden Technik gelungen ist, aus Holz und Stroh einen zu Papier verwendbaren Faserstoff zu gewinnen, kann man von Ersatzstoffen der Lumpen sprechen.

Da die Rohfaser eines Ersatzstoffes für Lumpen, welcher in großem Maßstabe in der Papierindustrie Verwendung finden soll, in fast unbeschränkter Menge vorhanden sein und sich verhältnißmäßig billig verarbeiten lassen muß, so ergab sich bald, daß in unserem Lande im wesentlichen nur Holz und Stroh diesen Bedingungen genügten.

Trotzdem vergeht kaum ein Jahr, ohne daß wir von einem „neuen Rohstoff" für die Papierindustrie hören; immer wieder werden Vorschläge gemacht, diese oder jene Pflanze zu Papier zu verarbeiten; daß aber diese Vorschläge praktische Erfolge gezeitigt hätten, erfährt man selten. Daß es eine Unzahl von Rohstoffen giebt, die man zu Papier verarbeiten kann, liegt auf der Hand; unter ihnen giebt es aber nur wenige, bei denen eine Verarbeitung praktisch lohnend ist.

Neuerdings nun sind Versuche im Gange, bei uns einen neuen Papierrohstoff einzuführen, nämlich das italienische Pfahlrohr, Arundo donax, und zwar ist der Firma Hagemann, Dittler & Co. in Ludwigshafen a. Rhein ein Verfahren zur Nutzbarmachung dieser Pflanze für die Papier- und Textilindustrie durch ein Patent geschützt worden.[1])

Die Erfinder gingen von der Ansicht aus, daß bei den jetzt in Gebrauch befindlichen Verfahren unter Anwendung hoher Wärmegrade und eines hohen Druckes die Faser des Rohstoffes sehr angegriffen wird. Versuche mit den verschiedensten Fasermaterialien führten schließlich zu der Verwendung der oben erwähnten Pflanze, die von einer relativ schwachen Lauge, z. B. einer Aetznatronlösung von 4—6° Bé bei Luftwärme derart erweicht, daß die Parenchymzellen, Epidermis ꝛc. sich für die Zwecke der Textilindustrie mit Leichtigkeit von der Faser trennen lassen, während die Papierindustrie die erweichten Stengel ohne Weiteres verarbeiten kann.

Ueber die Pflanze selbst sei zunächst kurz Folgendes bemerkt.

Arundo donax, das italienische Pfahlrohr, ist ein naher Verwandter unseres gewöhnlichen Schilfrohrs (Phragmites communis); es ist namentlich in wärmeren Gegenden heimisch

[1]) Historisches Interesse wird die Mittheilung bieten, daß Delapierre bereits im Anfang der 30er Jahre unseres Jahrhunderts (Bulletin de la Société d'encouragement. Dezember 1831) aus Arundo donax durch Einweichen in Kalkmilch (drei Wochen lang) und darauf folgendes 12stündiges Kochen mit Lauge Papier herstellte. (Vergl. Dingler's Polyt. Journal 1832, Seite 69.)

und wird erheblich größer und dicker als unser Schilf. Da es bis 4 m lang wird und an den stärksten Stellen des Stengels 20—30 mm im Durchmesser zeigt, so hat es mit jungen Trieben des Bambusrohrs viel Aehnlichkeit; es wird auch vielfach statt Bambus zur Anfertigung von Stühlen, Tischen, Stöcken ꝛc. verwendet.

Die Außenseite des Rohrs ist gelb, hochglänzend und sehr hart. In ziemlich regelmäßigen Abständen von etwa 30 cm zeigen sich knotenähnliche Bildungen, die ein dunkleres Aussehen haben.

Bringt man auf den Querschnitt des Rohres eine salzsaure alkoholische Phloroglucinlösung, so färbt er sich stark karminroth, ein Beweis dafür, daß die Zellen stark verholzt sind.

Zur Entfernung dieser verholzten Theile wird nun, wie schon oben erwähnt, Natronlauge auf kaltem Wege angewendet.[1])

Um das Eindringen der Lauge zu erleichtern, wird das Rohr zunächst gequetscht und dann in eine Aetznatronlösung von 4—6° Bé gelegt; nachdem diese 4—6 Tage eingewirkt hat, sind die Holzbestandtheile zum größten Theil gelöst, während die übrigen Bestandtheile stark erweicht und aufgequollen erscheinen, so daß man sie ohne Mühe auf mechanischem Wege von den Fasern entfernen kann.

Die so aufgeschlossene Faser wird nun durch Auswaschen von der Lauge befreit, durch Quetschwalzen geführt, gekollert oder gestampft. Die gequetschte Fasermasse wird im Holländer gemahlen, wobei die nicht gelösten, schwammigen Inkrusten von der Faser entfernt werden und fast vollständig durch die Waschtrommel abfließen. Der Stoff wird dann gebleicht, ausgewaschen und in üblicher Weise weiter verarbeitet.

Aber nicht nur für die Papierindustrie, auch für die Textilindustrie soll das italienische Pfahlrohr einen neuen Rohstoff abgeben.

Während man aber bei Flachs, Hanf, Jute, kurz überhaupt bei allen Dikotyledonen den Bast von den Holztheilen verhältnißmäßig leicht trennen kann, ist dies bei den Monokotyledonen, zu denen Arundo donax gehört, nicht möglich. Man erhält immer ganze Gefäßbündel und, da diese im Grundgewebe vertheilt liegen, mit ihnen Ring-, Spiral-, Netzgefäße ꝛc.; man muß daher in anderer Weise verfahren. Das Rohr wird in lange Streifen gespalten, am besten durch mäßiges Walzen, dann mit Aetzkalilauge ausgelaugt und ausgewaschen. Zur Trennung der einzelnen Fasern wird das Material dann mit der Hand oder mit Maschinen auf hölzerner Unterlage geklopft und dann durch Hecheln, Klopfen, Schwingen ꝛc. in Gespinstfaser übergeführt. Will man eine recht zarte Faser erzielen, so empfiehlt es sich, das aus der Lauge genommene und geklopfte Fasermaterial in ähnlicher Weise wie es bei Flachs und Hanf geschieht zu rotten. Es gelten hierbei für die Dauer der Rotte dieselben Bedingungen wie für jene Faserstoffe.

Der für die Herstellung von Gespinstfaser nicht geeignete Abfall des Pfahlrohrs wird vortheilhaft in oben angegebener Weise zu Papierstoff verarbeitet.

Die präparirte Faser bildet Büschel von Fasersträngen, die eine grünlichgelbe, matte Farbe besitzen und eine Länge bis etwa 35 cm haben, also sehr kurz sind. Schon bei schwacher Vergrößerung erweisen sie sich als mit Parenchym und Resten des Grundgewebes durchsetzt. Bei der Behandlung mit salzsaurer alkoholischer Phloroglucinlösung zeigen sie sich noch stark verholzt.

[1]) Die folgenden Angaben über die Verarbeitung des Pfahlrohrs sind der Patentschrift entnommen.

Da die Faser, wie erwähnt, kurz ist, keinen Glanz besitzt und sich nicht in feine Fasern zertheilen läßt, so wird sie für die Textilindustrie kaum von großer Bedeutung werden und voraussichtlich nur zu gröberen Gespinsten Verwendung finden können. Ihre Bedeutung für die Papierindustrie wird sich erst ermessen lassen, wenn Kultur- und Verarbeitungsversuche im großen Maßstabe ausgeführt worden sind. Wie es heißt, sollen Anbauversuche, welche in der Umgebung von Paris ausgeführt worden sind, von Erfolg gewesen sein.

Der Versuchsanstalt lagen nun bereits eine Anzahl Papiere zur Prüfung vor, welche aus reinem Arundo-donax-Zellstoff hergestellt waren; mit ihnen sollten in erster Linie Festigkeitsversuche ausgeführt werden; die hierbei an sechs verschiedenen Proben ermittelten Werthe sind nachstehend zusammengestellt.

Probe Nr.	1:	Mittlere Reißlänge	=	2570	m;	mittlere Dehnung	=	3,1 %;
„ „	2:	„ „	=	2290	„	„ „	=	1,1 „
„ „	3:	„ „	=	3210	„	„ „	=	4,5 „
„ „	4:	„ „	=	3850	„	„ „	=	5,2 „
„ „	5:	„ „	=	3280	„	„ „	=	4,1 „
„ „	6:	„ „	=	4010	„	„ „	=	4,9 „

Die Probe 1 ist schwach geleimt, die Probe 2 ungeleimt; sämmtliche andere Sorten sind geleimt.

Die mitgetheilten Werthe können indessen noch keinen Maßstab für diejenige Festigkeit und Dehnung abgeben, die man bei Herstellung von Papier aus Arundo-donax-Zellstoff überhaupt erzielen kann, denn es handelt sich bei diesen sechs Proben erst um Vorversuche.

Im Nachfolgenden soll nun unter Beigabe von Abbildungen auf die einzelnen Elemente, welche sich in dem aus Arundo-donax-Zellstoff hergestellten Papier vorfinden, und auf ihren anatomischen Bau näher eingegangen werden. Herr Professor Dr. Wittmack von der Landwirthschaftlichen Hochschule in Berlin hat sich bereits vor mehreren Jahren auf Ersuchen der Firma Hagemann, Dittler & Co. mit dem Bau des Pfahlrohrs beschäftigt und ein Gutachten hierüber abgegeben. Dieses Gutachten enthält eine Reihe sehr werthvoller Angaben, namentlich über die Größenverhältnisse bei den einzelnen Faserelementen, und Herr Professor Dr. Wittmack hat der Versuchsanstalt auf ihr Ersuchen bereitwilligst gestattet, die von ihm gemachten Beobachtungen in dieser Veröffentlichung mit zu verwenden.

Mikroskopische Merkmale der Arundo-Faser.

Von den sechs zur Verfügung stehenden Proben des Arundo-Papiers wurden Stücke in der in der Versuchsanstalt üblichen Weise durch Behandlung mit ganz verdünnter Natronlauge vorbereitet[1]), durch Waschen von der Lauge befreit und durch Schütteln mit Granaten zu Ganzstoff zerkleinert. Diese Behandlungsweise hat sich seit Jahren bei den mikroskopischen Arbeiten in der Versuchsanstalt außerordentlich bewährt und sie liefert Präparate von einer Klarheit, welche allen berechtigten Anforderungen entsprechen.

In wässeriger Jod-Jodkaliumlösung präparirt[1]) erscheinen die Fasern unter dem Mikroskop theils ungefärbt, theils schwach grau oder bräunlich.

Die Mehrzahl der vorhandenen Fasern sind, wie das mikroskopische Bild zeigt, Bastfasern; die große Verschiedenheit der letzteren hinsichtlich der Länge und Dicke fällt dem

[1]) Vergl. „Mittheilungen" 1887, Ergänzungsheft III und 1889, Heft 3.

Beobachter sofort auf; Herr Professor Wittmack hat eine Reihe von Längen- und Dickenmessungen ausgeführt, die nachstehend mitgetheilt sind:

Länge	Breite	Länge	Breite
0,264 mm	0,009 mm	2,610 mm	0,021 mm
0,552 „	0,012 „	2,730 „	0,030 „
0,700 „	0,012 „	2,910 „	0,018 „
1,200 „	0,030 „	2,940 „	0,024 „
1,200 „	0,016 „	3,030 „	0,018 „
1,540 „	0,026 „	4,200 „	0,024 „
1,890 „	0,024 „	4,480 „	0,025 „

Auch im anatomischen Bau zeigen die Bastfasern erhebliche Unterschiede; ein Theil, und zwar der größte, hat mit der Bastfaser des Strohes sehr große Aehnlichkeit; die Zelle ist kräftig gebaut, walzenförmig und hat meist einen sehr engen, oft nur als Linie, oft auch überhaupt nicht mehr erkennbaren Hohlkanal (Tafel I, Fig. 1 Nr. 1). Die Faser verläuft sehr regelmäßig; an beiden Enden lanzettlich spitz, wird sie ganz allmählich nach der Mitte zu dicker. Auch der Hohlkanal verjüngt sich von der Mitte aus nach den beiden Enden zu sehr regelmäßig; plötzliche Erweiterungen, wie sie z. B. bei der Jute, Adansoniafaser ꝛc. vorkommen, sind nicht zu beobachten.

Zahlreiche Poren durchsetzen die Wandung der Zelle von dem Lumen bis zur Peripherie (Tafel I, Fig. 1 Nr. 1).

Werden die Bastfasern während des Fabrikationsprozesses geknickt, so zeigen sie an den Biegungs- oder Knickungsstellen vielfach wulstige Auftreibungen (Tafel I, Fig. 1 Nr. 2), die an die Knoten der Leinenfaser erinnern.

Die Enden der Faser sind, wie schon bemerkt, ziemlich spitz und unter sich gleichmäßig; gegabelte Enden kommen nur ganz vereinzelt vor (Tafel I, Fig. 1 Nr. 3).

Bei starker Vergrößerung beobachtet man noch eine spiralige Streifung der Zellwand; die Umgänge der Spirale sind sehr flach.

Ein zweiter Theil der Bastzellen ist durch ein breiteres Lumen, weniger spitze, oft sogar recht stumpfe Enden und durch größere Dicke gekennzeichnet (Tafel I, Fig. 1 Nr. 4). Das Lumen füllt hier bisweilen die Hälfte der ganzen Faserbreite und mehr aus (siehe auch den Querschnitt durch ein Bastbündel Tafel I, Fig. 1 Nr. 10) und weist hier größere Schwankungen als bei den englumigen Fasern auf; die Wandungen sind auch hier von zahlreichen Poren durchsetzt. Theilweise zeigen diese Zellen schon einen Uebergang zu den Parenchymzellen. Parenchymzellen sind in großen Mengen und in verschiedenster Form und Größe vorhanden; theils sind sie fast kugelrund (Tafel I, Fig. 1 Nr. 5), theils sehr langgestreckt (Tafel I, Fig. 1 Nr. 6); Zellen, die 5-, ja 8—10 mal so lang wie breit sind, sind keine Seltenheit. Theilweise fallen die Parenchymzellen durch ihre starken Wandungen auf, während doch sonst diese Elemente, z. B. beim Stroh, meist sehr zartwandig sind.

Auch in der Form unterscheiden sich die Parenchymzellen der Arundopflanze von denen des Strohes. Während letztere an beiden Enden mehr oder weniger abgerundet, zuweilen sogar fast kreisrund sind, haben bei Arundo die Zellen mehr die Form eines Rechtecks mit abgerundeten Ecken (Tafel I, Fig. 1 Nr. 6).

Bei vielen Parenchymzellen, namentlich bei den kleineren, bemerkt man an beiden Enden eigenthümliche, quer zur Längsachse verlaufende, faltenähnliche Bildungen.

Die Wand der Parenchymzellen ist durchsetzt mit sehr zahlreichen einfachen, kleinen Poren, die der Zelle ein gesprenkeltes Aussehen verleihen.

Neben den Parenchymzellen finden sich zahlreiche große und kleine, infolge ihrer Zartheit vielfach umgeschlagene Gefäße, die sich zum Theil durch ihre außerordentliche Größe auszeichnen (Tafel I, Fig. 1 Nr. 7); außer diesen findet man aber auch viele kleine und zarte Gefäße (Tafel I, Fig. 1 Nr. 8).

Die Gefäßwand zeigt große Mengen schlitzförmiger, quer zur Längsachse des Gefäßes gestellte Poren; diese bedecken nicht immer die ganze Fläche der Zellwand, sondern zuweilen etwa die Hälfte, zuweilen sind sie auch in schmalen Streifen oder breiten Bändern angeordnet (Tafel I, Fig. 1 Nr. 7).

Ring- und Spiralgefäße in gut erhaltenem Zustande waren nicht zu beobachten; Bruchstücke beider kamen ganz vereinzelt vor; bei den Ringgefäßbruchstücken zeigte sich dann die Eigenthümlichkeit, daß viele und dicke Ringe in auffallend kurzen Abständen vorhanden sind. Meist treten wohl die Ringe und Spiralen während der Fabrikation heraus und gehen dann zum größten Theil verloren; nur vereinzelt fanden sich in dem Stoff einzelne Ringe und Spiralen.

Epidermiszellen, die denen des Strohes ähnlich sind, fanden sich auch nur in sehr geringen Mengen vor (Tafel I, Fig. 1 Nr. 9).

Außer den in Fig. 1 gegebenen Abbildungen der einzelnen Faserelemente, welche durch den Assistenten Herrn Dr. Wisbar nach dem mikroskopischen Bilde gezeichnet wurden, wurde noch ein Gesammtbild der aus dem Papier gewonnenen Fasern durch den Assistenten Herrn G. Dalén mikrophotographisch bei 18facher Vergrößerung aufgenommen. Tafel II, Fig. 2 zeigt dieses Bild und veranschaulicht so den Charakter der Faser, die Art des Verlaufes der Bastzellen ꝛc., welcher durch eine Zeichnung nicht so naturgetreu wiedergegeben werden kann.

Zerstörungserscheinungen.

Zerstörungen infolge des Fabrikationsprozesses waren an den Fasern nur vereinzelt zu beobachten; die Bastfasern waren meist in ihrer ganzen Länge mit den beiden Enden gut erhalten; wenige vorhandene Bruchstellen zeigten kurz abgebrochene, nicht lang ausgefaserte Bruchstellen (Tafel I, Fig. 1 Nr. 10); eine weiter gehende Ausfaserung wurde nur einmal beobachtet; zerdrückte und gequetschte Stellen findet man an den Bastzellen auch nur vereinzelt (Tafel I, Fig. 1 Nr. 10); die Parenchymzellen erschienen durchweg unbeschädigt; auch die Gefäße sind sehr gut erhalten, was man mit Rücksicht auf ihre Größe und die Zartheit ihres Baues kaum erwarten sollte; nur vereinzelt bemerkt man Beschädigungen ihrer Wandung.

Die Faser scheint also beim Mahlen außerordentlich geschont zu sein und es steht zu erwarten, daß bei stärkerem Mahlen die Zerstörungserscheinungen in anderer Form und in größerem Maßstabe auftreten werden.

Quellungserscheinungen.

Behandelt man die Fasern mit Kupferoxyd-Ammoniak, so zeigen die Bastfasern gewisse Quellungserscheinungen, wie man sie auch bei anderen Bastfasern beobachten kann, und die daher nichts Charakteristisches bieten.

Bevor die Faser in Lösung geht, quillt sie an vielen Stellen kugelig oder beutelförmig auf, wodurch sie zuweilen ein schön perlschnurähnliches Aussehen annimmt (Tafel I, Fig. 3 Nr. 1). Die äußersten Schichten der Zellen und der Innenschlauch bieten hierbei der Ein-

wirkung der Quellungsflüssigkeit anfangs mehr Widerstand als die inneren; sie werden deshalb von diesen schneller aufquellenden Theilen vielfach zu Wulsten zusammengeschoben und sind im mikroskopischen Bilde noch zu bemerken, wenn die weniger widerstandsfähigen Schichten bereits in Lösung gegangen sind (Tafel I, Fig. 3 Nr. 2).

Die übrigen Faserelemente zeigen bei der Behandlung mit Kupferoxyd-Ammoniak keine besonders bemerkenswerthen Erscheinungen; erwähnt sollen nur werden die Parenchymzellen, welche sich, bevor sie in Lösung gehen, stark furchen (Tafel I, Fig. 3 Nr. 3).

Die während des Quellungsprozesses häufig zu beobachtenden, die Faser umschlingenden Spiralen (Tafel I, Fig. 3 Nr. 1) rühren wohl von den spiraligen Verdickungen der Zelle, nicht von der Außenschicht her; die Bildung der Spiralen aus der äußeren Schicht wäre mechanisch kaum zu erklären.

Zum Schluß seien noch kurz einige Angaben über die Anordnung der verschiedenen Fasern in der Pflanze, insbesondere der Bastfasern, wie sie sich bei Betrachtung des Querschnitts durch das Rohr ergeben, mitgetheilt.

Tafel II, Fig. 4 zeigt einen Stengelquerschnitt in natürlicher Größe, Tafel II, Fig. 5 ein Stück desselben in 25facher Vergrößerung.

Die Epidermis des Rohrs ist durch eine Schicht unmittelbar darunter gelegener, englumiger, bastfaserähnlicher Zellen (z) versteift. Dann folgen mehrere Reihen Zellen mit weiterem Hohlraum (h), die schon zum Grundgewebe gehören, und darauf ein Bastfaserring (r), der aus den Bastbelägen der äußersten Gefäßbündel gebildet wird. Das ganze Uebrige des Querschnittes ist mit sehr großmaschigen Zellen, dem Grundgewebe (g) ausgefüllt, in welchem zahlreiche Gefäßbündel (b) zerstreut liegen. Diese Gefäßbündel bestehen aus den schon mit einer starken Lupe sichtbaren Gefäßen, sowie aus einem peripherischen halbmondförmigen Belag von Bastfasern. Alle diese Zellelemente sind, wie schon früher erwähnt wurde, stark verholzt.

---

4. Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Manganbronze.

Von Professor M. Rudeloff.

In Heft 6 der „Mittheilungen" Jahrgang 1893, S. 292—330 besprach ich die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen über den Einfluß des Erhitzens bis 400 C° auf die Festigkeitseigenschaften von Schweißeisen, Martinstahl, Kupfer, Deltametall im gegossenen und gewalzten Zustande sowie von vierprozentiger und fünfzehnprozentiger Manganbronze. Diese Untersuchungen hatten dargethan, daß die Festigkeitseigenschaften der vierprozentigen Manganbronze dem Einfluß der Wärme beim Erhitzen bis auf 250 C° nur in ganz unerheblichem Grade unterlagen und daß die fünfzehnprozentige Manganbronze sogar bei 400 C° noch die gleichen Eigenschaften zeigte wie bei Zimmerwärme, während bei den übrigen vorgenannten Metallen Aenderungen im Wärmezustand stets mit erheblich größeren Aenderungen in den Festigkeitseigenschaften verbunden waren.

Dieses eigenartige Verhalten der Manganbronze, in ihren Festigkeitseigenschaften innerhalb gewisser Grenzen von Wärmeeinflüssen ziemlich unabhängig zu sein, veranlaßten Herrn Geheimen Bergrath C. Heusler zu Bonn namens der Isabellenhütte bei Dillenburg

weitere Versuche gleicher Art wie die früheren mit Bronzen von anderem Mangangehalt anstellen zu lassen, deren Ergebnisse im Nachstehenden mitgetheilt sein mögen.

I. Das Versuchsmaterial.

Zur Prüfung gelangten drei Sorten Bronze, deren Mangangehalt nach Angabe des Antragstellers durch Herrn Dr. Fr. Heusler zu 5,35, 7,3 und 9,4 % festgestellt war.[1]) Die Proben waren nach Angabe des Antragstellers auf der Isabellenhütte bei Dillenburg gegossen und dann zu Rundstangen von 27 mm Durchmesser ausgewalzt. Von jeder Sorte standen zwei Abschnitte von 400 mm und 1,4 m Länge zur Verfügung, mit denen je zwei Versuche bei Zimmerwärme, 100 C°, 200 C°, 300 C° und 400 C° angestellt werden sollten. Demnach waren je 10 Probestäbe erforderlich. Von ihnen wurden immer die beiden ersten jeder Sorte den kurzen Abschnitten und die übrigen 8 den langen Abschnitten entnommen. Sämmtliche Probestücke wurden mit laufenden Nummern 1—30 versehen, beginnend mit dem Material mit geringstem Mangangehalt.

Um den Einfluß von Ungleichartigkeiten im Material auf das Endergebniß möglichst auszuschließen, wurden immer die fünf Proben mit aufeinander folgenden Nummern der Reihe nach auf die fünf verschiedenen Wärmestufen vertheilt, wie aus den in den nachstehenden Tabellen zu den einzelnen Reihen angegebenen Stabnummern zu ersehen ist.

II. Die Versuchsausführung.

Die Versuchsausführung war im Allgemeinen die gleiche wie bei den früheren Versuchen.

Die Stäbe erhielten die in Fig. 1 angegebenen Abmessungen. Sie wurden, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, mit Hülfe der Verlängerungsstangen V_1 und V_2 in den

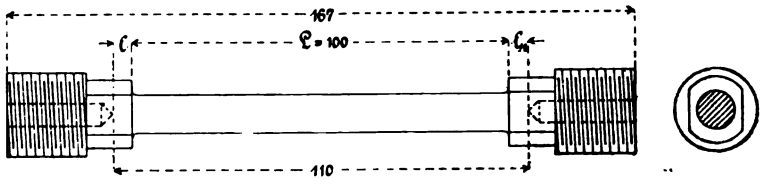


Fig. 1.

mit Kugellagern ausgerüsteten Einspannvorrichtungen der Zerreißmaschine festgelegt. Die Dehnungen bis zur Streckgrenze wurden mittels Martens'scher Spiegelapparate festgestellt, die bei den Versuchen 6, 16 und 26 bei Zimmerwärme und bei allen in höheren Wärmegraden ausgeführten Versuchen zwischen den Federpaaren m m und m_1 m_1 bei S eingeschaltet, dagegen bei den Versuchen 1, 11, und 21 bei Zimmerwärme unmittelbar an den Stab angesetzt wurden.

Als Wärmebäder, in welchen die Proben bis zum Bruch verblieben, diente für 100 und 200 C° Paraffin, für 300 C° eine Legirung aus Zinn und Blei und für 400 C° Blei. Sie wurden während der ganzen Dauer des Versuches durch Schlitzbrenner auf gleichen Wärme-

[1]) Die beiden aus der älteren Untersuchung stammenden Bronzen, deren Mangangehalt zu 4 % und 15 % angegeben war, sind im Anschluß an die neuere Versuchsreihe in dankenswerther Weise durch Herrn Dr. Fr. Heusler noch nachträglich analysirt worden, wobei die Mangangehalte zu 3,2 % und 13,5 % ermittelt sind. Diese Werthe sind bei den nachfolgenden Besprechungen an Stelle von 4 % und 15 % in Betracht gezogen.

grad gehalten, die durch Unterbrechungen im äußeren Ofenmantel gegen den inneren Mantel gerichtet waren. Der Wärmegrad des Bades wurde an einem von oben in das Bad eingeführten Thermometer abgelesen.

Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, erstreckte sich die Meßlänge für die Spiegelablesungen nicht nur über den dünnen cylindrischen Schaft des Stabes, sondern umfaßte auch je 5 mm Länge der beiden stärkeren Stabköpfe. Zur Berechnung des Elastizitätsmoduls mußte daher zunächst festgestellt werden, welcher Antheil λ_1 an der für die Gesammtlänge beobachteten Verlängerung λ auf die Länge L des cylindrischen Stabtheiles zwischen den Köpfen entfiel.

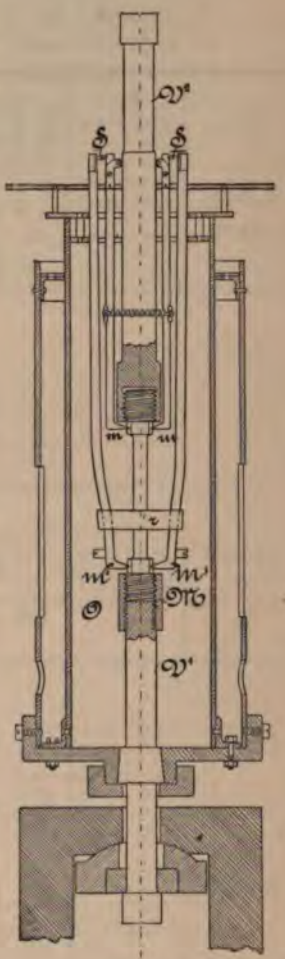


Fig. 2.

Diese Feststellung erfolgte rechnerisch nach der Gleichung:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{1 + \frac{f \,.\, (l + l_1)}{F \,.\, L}}, \quad ^{1})$$

in welcher

F den Querschnitt der Köpfe,
f den Querschnitt des Schaftes,
L dessen Länge zwischen den Stabköpfen und
l und l_1 die Längen der innerhalb der Meßlänge gelegenen Strecken der Stabköpfe

bedeuten.

Durch Messung wurde $L = 100$ mm und $l + l_1 = 10$ mm ermittelt. Der Querschnitt F betrug bei 18,4 mm Durchmesser 266 qmm und der Querschnitt f bei fast allen Stäben 78,5 qmm. Setzt man diese Werthe in die obige Gleichung ein, so erhält man

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{1 + \frac{78{,}5 \,.\, 10}{266 \,.\, 100}} = \frac{\lambda}{1{,}029}$$

Nach diesem Verhältniß wurden die Werthe für λ_1 aus den Beobachtungswerthen für λ und dann die Elastizitätsmoduli unter Zugrundelegung einer Stablänge von 100 mm berechnet.

Die Bestimmung der Proportionalitätsgrenze, der Streckgrenze und der Bruchdehnungen erfolgte ebenfalls in der gleichen Weise wie bei den eingangs erwähnten älteren Untersuchungen, sodaß die Einheitlichkeit zwischen beiden Versuchsreihen vollständig gewahrt ist und die Ergebnisse aus beiden Reihen unmittelbar mit einander verglichen werden können.

III. Die Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Bedeutung der einzelnen Werthe ist aus den Angaben in dem Kopf der Tabelle ohne Weiteres ersichtlich.

Die Beobachtungswerthe für die Beziehungen zwischen Belastung und Dehnung bis zur Streckgrenze sind in der Tabelle nicht aufgeführt, sondern wie früher in Fig. 3—5 durch Schaulinien dargestellt, welche durch Auftragung der Belastungen als Ordinaten und der für

[1]) Die Entwickelung dieser Gleichung ist in den „Mittheilungen" 1893, S. 299 gegeben.

Tabelle 1. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Vorbemerkungen: Werthe, welche nicht ganz zuverlässig erschienen, wurden in [ ] gesetzt, aber zur Mittelbildung herangezogen.

Mittel, welche aus einer geringeren Zahl von Versuchsergebnissen oder unter Einschluß von in [ ] gesetzten Zahlen gebildet wurden, sind ebenfalls in [ ] gesetzt.

Die angegebenen zweiten, nicht in Klammern stehenden Werthe für die Proportionalitätsgrenze sind nach den Ausgleichslinien für das zugehörige Schaulinienpaar (s. Fig. 3—5) festgesetzt und bei Besprechung der Ergebnisse als maßgebend erachtet.

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg %/0×10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σ_P	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σ_S	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σ_B	Nach dem Bruch: Dehnung % auf je 30 mm δ_{30}	Nach dem Bruch: Dehnung % auf 90 mm δ_{90}	Nach dem Bruch: Querschnittsverminderung % q	Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke mm	Bruchaussehen	Bemerkungen
5,35 prozentige Manganbronze.															
Wärmestufe: Zimmerwärme.															
1	—	9,9	77,0	18	109	11850	7,8	18,2	36,0	43,7	38,9	73,5	40	Hellgrau bis röthlich, feinschuppig, Doppeltrichter	—
6		10,0	78,5	—	113	11250	7,6	17,2	35,7	45,7	41,0	71,8	30		
Mittel		—	—	[18]	111	11550	7,7	17,7	35,9	44,7	40,0	72,7	—		
Wärmestufe: + 100 C°.															
2	Paraffinbad	9,9	77,0	101	[150]	[8670]	[13,0]	16,9	35,7	34,8	32,1	52,9	30	Feinschuppig, Trichter	—
7		10,0	78,5	110	137	9300	10,2	16,6	35,4	39,6	32,7	67,5	10		
Mittel		—	—	106	[144]	[8985]	[11,6] 10,3	16,8	35,6	37,2	32,4	60,2	—		
Wärmestufe: + 200 C°.															
3	Paraffinbad	10,0	78,5	219	157	8100	10,2	17,8	36,0	40,1	37,2	51,0	45	desgl.	—
8		10,0	78,5	201	[118]	[10900]	[11,5]	20,4	35,4	39,6	35,7	53,8	45		
Mittel		—	—	210	[138]	[9500]	[10,9]	19,1	35,7	39,9	36,5	52,4	—		
Wärmestufe: + 300 C°.															
4	Metallbad	10,0	78,5	303	—	—	—	16,6	33,1	40,5	37,7	52,4	30	Verbleit	Bei 4 Proportionalität nicht zu erkennen.
9		9,9	77,0	310	128	10150	9,1	14,3	33,8	39,7	36,4	51,4	30		
Mittel		—	—	307	[128]	[10150]	[9,1]	15,5	33,5	40,1	37,1	51,9	—		
Wärmestufe: + 400 C°.															
5	Metallbad	10,0	78,5	410	—	—	—	11,5	26,8	25,5	23,7	26,0	20	Verbleit	Proportionalität nicht vorhanden.
10		9,9	77,0	409	—	—	—	11,7	25,0	Theilung nicht erkennbar		—	—		
Mittel		—	—	410	—	—	—	11,6	25,9	[25,5]	[23,7]	—	—		
7,3 prozentige Manganbronze.															
Wärmestufe: Zimmerwärme.															
11	—	9,9	77,0	—	[109]	[11900]	[7,8]	22,1	35,4	38,4	34,4	64,5	40	Hellgrau bis röthlich, feinschuppig, Doppeltrichter	—
16		9,5	70,9	—	[121]	[11700]	[7,1]	21,2	35,3	39,8	33,9	68,9	40		
Mittel		—	—	—	[115]	[11800]	[7,5]	21,7	35,4	39,1	34,2	66,7	—		

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg °/₀×10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σ_P	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σ_S	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σ_B	Nach dem Bruch: Dehnung °/₀ auf je 30 mm δ_{30}	Nach dem Bruch: Dehnung °/₀ auf 90 mm δ_{90}	Nach dem Bruch: Querschnittsverminderung °/₀ q	Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke mm	Bruchaussehen	Bemerkungen
Wärmestufe: + 100 C°.															
12	Paraffinbad	9,9	77,0	104	117	11200	7,8	20,8	34,1	32,5	28,4	59,5	30	Hellgrau bis röthlich, feinschuppig, Doppeltrichter	—
17		10,0	78,5	121	131	9700	8,9	19,1	33,1	36,4	32,5	69,7	15		
Mittel		—	—	**113**	**124**	**10450**	**8,4**	**20,0**	**33,6**	**34,5**	**30,5**	**64,6**	—		
Wärmestufe: + 200 C°.															
13	Paraffinbad	10,0	78,5	198	[139]	[9200]	[8,9]	20,4	33,8	32,8	29,5	53,8	30	desgl.	—
18		10,0	78,5	203	128	9950	10,2	19,1	33,4	34,9	30,8	66,4	20		
Mittel		—	—	**200**	[134]	[9575]	[9,6]	**19,8**	**33,6**	**33,9**	**30,2**	**60,1**	—		
Wärmestufe: + 300 C°.															
14	Metallbad	10,0	78,5	308	158	8080	5,1	16,6	32,2	34,6	32,2	52,4	10	Verbleit	—
19		10,0	78,5	304	130	9900	7,7	16,6	31,5	Theilung nicht erkennbar		—	—		
Mittel		—	—	**306**	**144**	**8990**	**6,4**	**16,6**	**31,9**	[34,6]	[32,2]	—	—		
Wärmestufe: + 400 C°.															
15	Metallbad	10,0	78,5	411	146	8670	3,8	12,7	25,2	29,2	28,2	27,8	20	Verbleit	—
20		9,9	77,0	403	143	9100	3,9	14,3	26,6	31,6	29,8	26,4	10		
Mittel		—	—	**407**	**145**	**8885**	**3,9**	**13,5**	**25,9**	**30,4**	**29,0**	**27,1**	—		
9,4 prozentige Manganbronze.															
Wärmestufe: Zimmerwärme.															
21	—	10,0	78,5	—	110	11500	3,8	19,1	32,8	42,4	37,5	68,7	30	Hellgrau bis röthlich, porös, Doppeltrichter	—
26		10,0	78,5	—	115	11140	6,4	19,1	32,2	41,5	36,6	70,8	35		
Mittel		—	—	—	**113**	**11320**	**5,1**	**19,1**	**32,5**	**42,0**	**37,1**	**69,8**	—		
Wärmestufe: + 100 C°.															
22	Paraffinbad	10,0	78,5	98	—	—	—	17,8	30,6	36,2	33,1	64,0	25	Feinschuppig, dicht, Trichter	Proportionalität nicht zu erkennen.
27		10,0	78,5	102	—	—	—	17,8	30,9	36,0	31,9	68,7	40		
Mittel		—	—	**100**	—	—	— 8,9	**17,8**	**30,8**	**36,1**	**32,5**	**66,4**	—		
Wärmestufe: + 200 C°.															
23	Paraffinbad	10,0	78,5	205	130	9850	12,8	19,1	30,3	31,8	28,0	59,0	35	desgl.	—
28		10,0	78,5	198	127	10000	10,2	17,8	30,0	33,3	29,0	60,3	40		
Mittel		—	—	**202**	**129**	**9925**	**11,5**	**18,5**	**30,2**	**32,6**	**28,5**	**59,7**	—		
Wärmestufe: + 300 C°.															
24	Metallbad	10,0	78,5	307	132	9700	6,4	15,3	28,7	36,2	32,9	57,7	30	Verbleit	—
29		10,0	78,5	307	[112]	[11400]	[5,1]	16,6	29,0	38,5	35,7	61,5	20		
Mittel		—	—	**307**	[122]	[10550]	[5,8] 8,9	**16,0**	**28,9**	**37,4**	**34,3**	**59,6**	—		
Wärmestufe: + 400 C°.															
25	Metallbad	10,0	78,5	408	153	8380	6,4	11,5	23,2	31,9	29,9	29,4	10	Verbleit	Bei 30 Proportionalität nicht zu erkennen.
30		10,0	78,5	417	—	—	—	11,5	23,2	33,5	31,3	27,8	10		
Mittel		—	—	**413**	[153]	[8380]	[6,4] 5,1	**11,5**	**23,2**	**32,7**	**30,6**	**28,6**	—		

gleiche Laststufen erhaltenen Dehnungsstufen als Abscissen verzeichnet sind. Hierbei ist immer nur für die Schaulinien der beiden gleichartigen Versuche dasselbe Koordinatensystem benutzt; die verschiedenen Systeme sind unter Beibehaltung der Abscissenachse gegen einander soweit

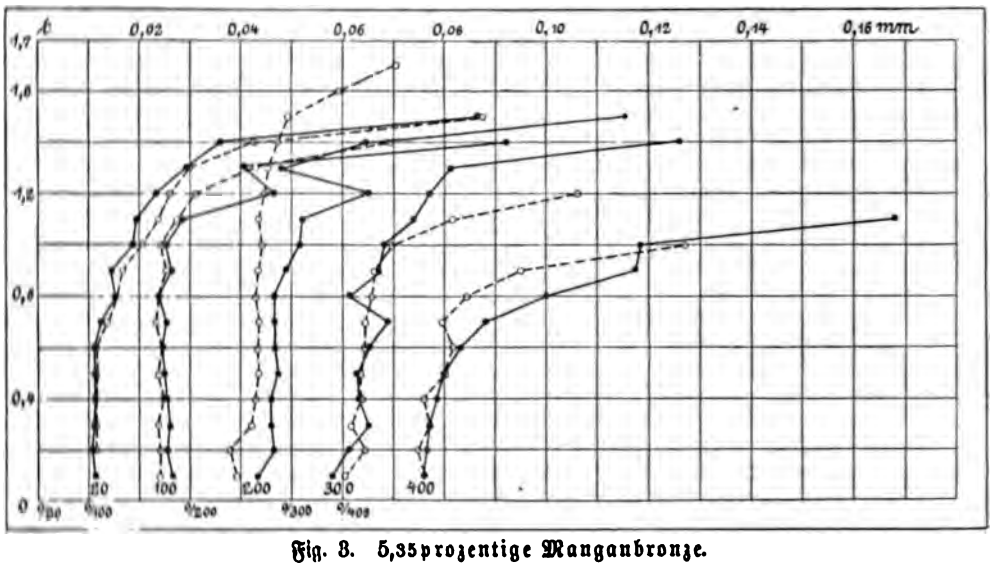


Fig. 3. 5,35prozentige Manganbronze.

verschoben, daß die Liniengruppen möglichst nicht in einander fallen. Die Nullpunkte der einzelnen Systeme sind durch Bruchzeichen mit der Null im Zähler und dem Werth des zugehörigen Wärmegrades im Nenner kenntlich gemacht.

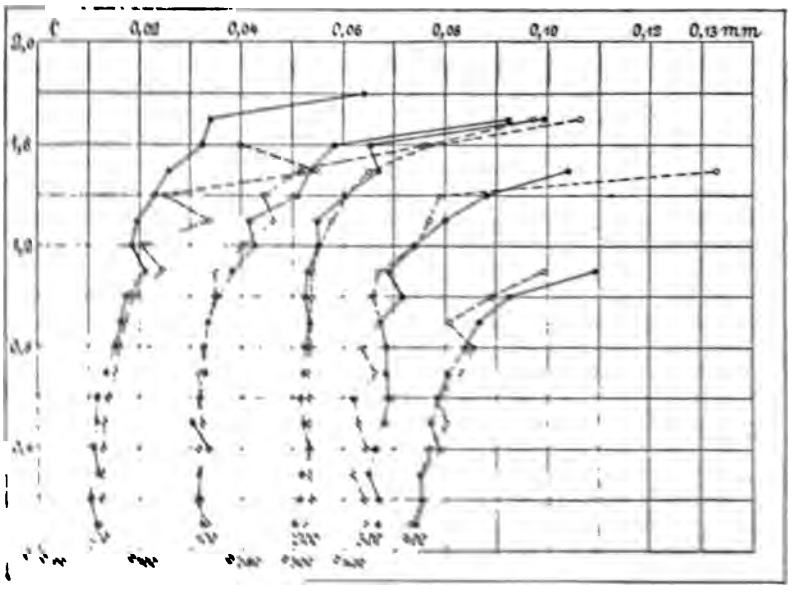


Fig. 4. 7,5prozentige Manganbronze.

Abgesehen von den Schaulinien für 200 C° in Fig. 3 und für 300 C° in Fig. 4 fallen immer die beiden Schaulinien für dasselbe Material und für denselben Wärmezustand nahezu zusammen. Dieser Umstand zeugt sowohl von der

Zuverlässigkeit der Versuchsausführung[1]), als auch von der Zuverlässigkeit der erhaltenen Ergebnisse.

Im Uebrigen läßt sich aus dem Verlauf der Schaulinien und zwar übereinstimmend bei allen drei Bronzen erkennen,

daß nicht nur die Belastung, bis zu welcher zwischen Spannung und Dehnung Proportionalität besteht, mit der Erwärmung bis zu 200 C° zunimmt, sondern daß auch das Bestehen dieser Proportionalität bei 200 C° schärfer hervortritt als bei allen niedriger und höher gelegenen Wärmegraden. Mit stärkerem Erhitzen geht die Proportionalitätsgrenze wieder herunter und bei 400 C°, zum Theil auch schon bei 300 C°, ist sie nicht mehr zu erkennen.

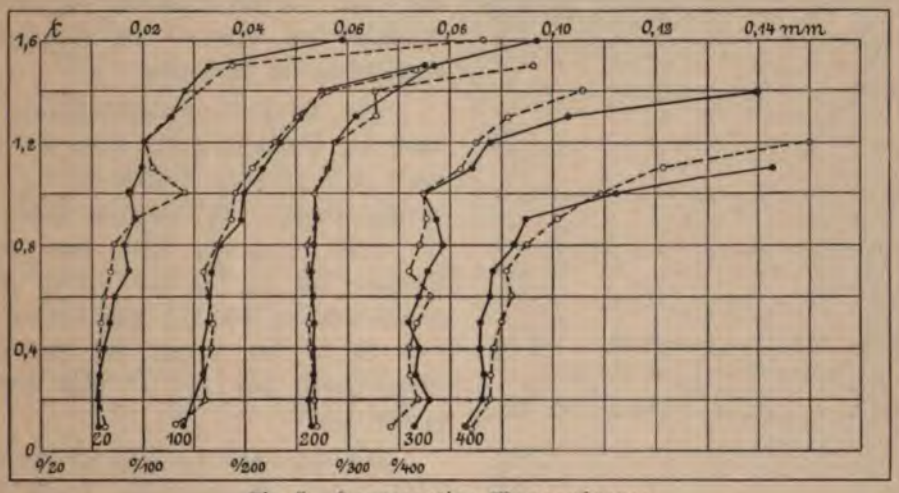


Fig. 5. 9,4prozentige Manganbronze.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß der Verlauf der Schaulinien zwischen den Belastungen von 100 und 200 kg unsicher ist, die Versuche wurden nämlich sämmtlich mit einer Anfangsbelastung von 50 kg zur Einstellung der Meßapparate auf Null ausgeführt. Die aufgetragenen Werthe für die Dehnung bei 100 kg mußten daher aus der für die halbe Laststufe beobachteten Dehnung berechnet werden und es ist somit nicht ausgeschlossen, daß sie weniger zuverlässig sind als die übrigen. Dieser Uebelstand muß aber umsomehr ins Gewicht fallen, je tiefer die Proportionalitätsgrenze an sich liegt und daher ist stets nur gesagt, daß die Proportionalitätsgrenze „nicht zu erkennen" ist.

In zweifelhaften Fällen wurden die in Tab. 1 angegebenen Werthe in [ ] gesetzt. Die eingeklammerten Werthe sind mit zur Mittelbildung herangezogen, die Mittelwerthe sind dann aber ebenfalls eingeklammert. Für die Proportionalitätsgrenze sind sie ferner dadurch nochmals kontrolirt, daß sie mit denjenigen Werthen verglichen wurden, welche sich aus den für die in Fig. 3—5 dargestellten Schaulinienpaare entworfenen Ausgleichslinien ergaben. Wichen beide von einander ab, oder konnten aus den einzelnen Versuchsreihen Proportionalitätsgrenzen überhaupt nicht erkannt werden wohl aber aus den Ausgleichslinien, so sind die nach den letzteren bestimmten Werthe ohne Klammern unter die ersteren gesetzt und bei der weiteren Betrachtung als maßgebend erachtet. —

[1]) Sämmtliche Versuche sind durch den Assistenten Herrn Ingenieur Zizmann ausgeführt.

Um nun die gesammten Ergebnisse der Untersuchung übersichtlicher zu gestalten, sind die Mittelwerthe nach den verschiedenen Bronzen getrennt, in Fig. 6—8 in Schaulinien dargestellt, bei deren Verzeichnung die Versuchswärmen als Abscissen und die bei ihnen beobachteten Werthe für Festigkeit und Formänderung als Ordinaten aufgetragen wurden. Die Bedeutung der einzelnen Linien ist durch die Zeichen gekennzeichnet, welche neben die Enden der Linien niedergeschrieben sind und mit denjenigen übereinstimmen, die unter dem Kopf der Tab. 1 angegeben sind.

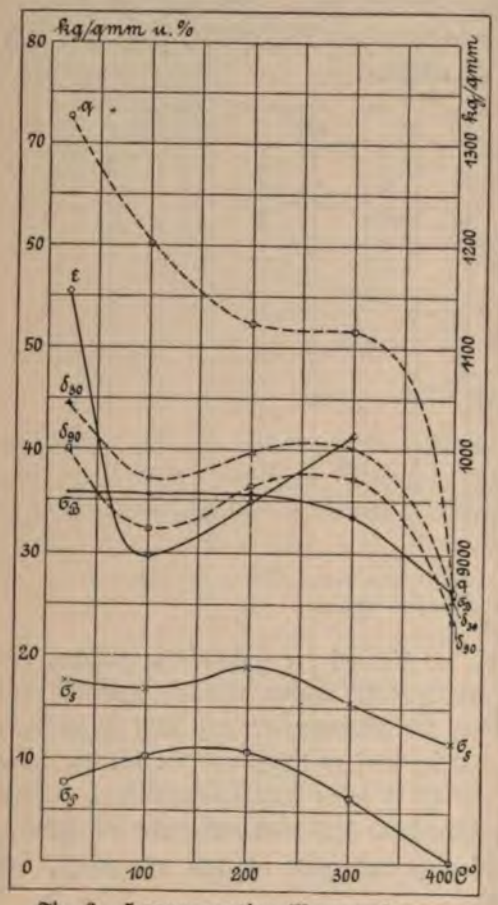


Fig. 6. 5,35prozentige Manganbronze.

Vergleicht man die gleichartigen Linienzüge in den Fig. 6—8 unter einander, so ergiebt sich bei allen drei untersuchten Bronzen eine gute Uebereinstimmung bezüglich des Einflusses des Erhitzens auf die Festigkeitseigenschaften des Materiales.

Die Proportionalitätsgrenze wurde durch die Erwärmung bis etwa 200 C° gehoben und zwar am meisten bei der 9,4 prozentigen Bronze. Bei weiterem Erhitzen ging sie wieder herunter, blieb aber bei den Bronzen mit 7,3 % und 9,4 % Mangangehalt auch bei 400 C° noch bestehen, während sie bei der Bronze mit nur 5,35 % Mangangehalt und 400 C° nicht mehr vorhanden war.

Die Streckgrenze ging bei den 7,3 und 9,4prozentigen Bronzen (Fig. 7 und 8) mit zunehmender Wärme beständig herunter und zwar von 200 C° ab schneller als vorher. Bei der 5,35prozentigen Bronze wurde sie durch die Erwärmung auf 200 C° um Weniges gehoben und ging dann ebenfalls herunter.

Die Bruchfestigkeit blieb bei allen drei Bronzen bis zu über 200 C° Versuchswärme fast unverändert, dann nahm sie mit steigender Wärme ab.

Die Bruchdehnung nahm mit steigender Wärme anfänglich ab und dann wieder zu, um bei etwa 300 C° und darüber abermals abzunehmen. Die Wärmegrade mit den erstmalig geringsten und den dann folgenden größten Dehnungen sind bei den drei untersuchten Bronzen verschieden und zwar ergeben sich nach dem Verlauf der Schaulinien δ_{30} und δ_{90} in Fig. 6—8 die in Tab. 2 aufgeführten Wärmegrade für die Wendepunkte.

Tabelle 2. **Wärmegrade, bei denen ein Wechsel im Einfluß des Erhitzens auf die Bruchdehnung eintrat.**

Material	Schaulinie Fig.	Wärmezustand in C° für die	
		Wiederzunahme der Dehnung	abermalige Abnahme der Dehnung
5,35 prozentige Bronze . .	6	110	260
7,3 „ „ . .	7	150	310
9,4 „ „ . .	8	200	330

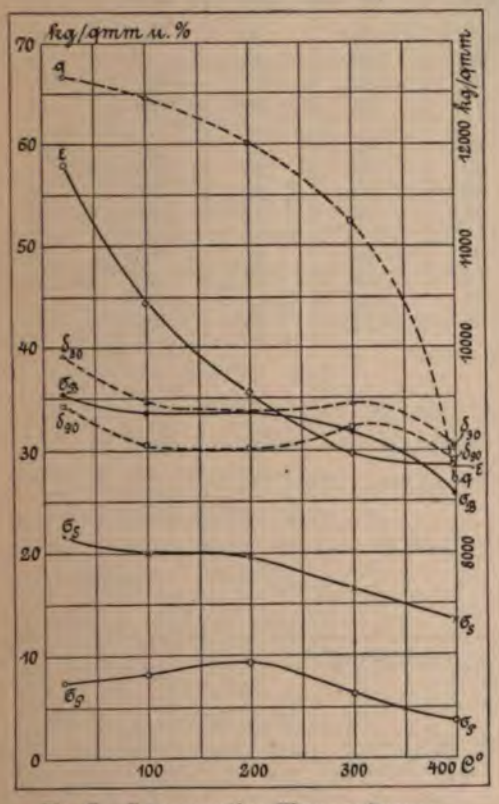


Fig. 7. 7,3prozentige Manganbronze.

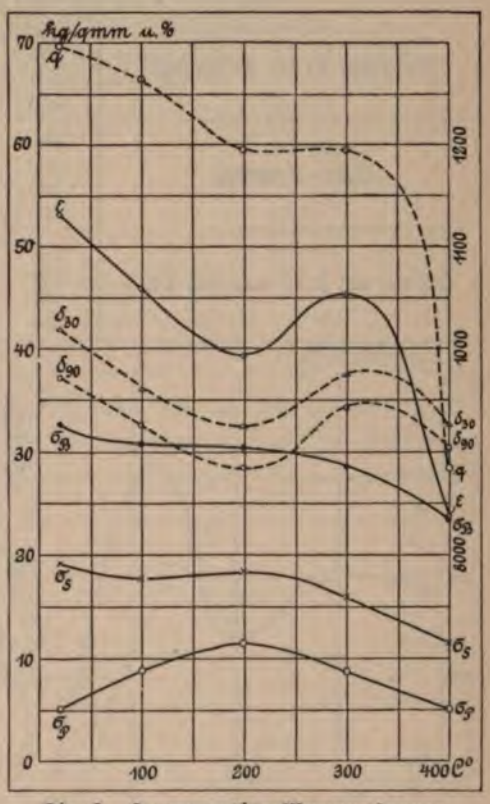


Fig. 8. 9,4prozentige Manganbronze.

Nach diesen Werthen liegt zwischen den beiden Wendepunkten übereinstimmend für alle drei Bronzen ein Wärmeunterschied von etwa 130—150 C°. Der Wechsel in der Dehnung trat aber um so früher, d. h. bei um so geringeren Wärmegraden ein, je geringer der Mangangehalt der Bronzen war.

Die Querschnittsverminderung nahm im Allgemeinen mit steigender Erwärmung ab. Bei der 7,3prozentigen Bronze (Fig. 7) war diese Abnahme eine stetige, während sie bei den beiden anderen Bronzen zwischen 200 und 300 C° eine Unterbrechung erfuhr; indem die Beobachtungswerthe für die Querschnittsverminderung bei diesen beiden Wärmegraden gleich groß waren. —

Um nun einen Vergleich der im Vorstehenden besprochenen Ergebnisse mit denjenigen Ergebnissen zu ermöglichen, welche bei der älteren Untersuchung mit der 3,2prozentigen und

Tabelle 3. Verhältniß zwischen den Festigkeitseigenschaften bei Zimmerwärme und bei höheren Wärmegraden.

Festigkeits-Eigenschaften	Verhältnißzahlen für den Einfluß des Erhitzens					
	auf C°	bei Manganbronzen mit folgendem Mangangehalt				
		3,2 %	5,35 %	7,3 %	9,4 %	13,5 %
Spannung an der Proportionalitäts-grenze	100	131	134	112	175	115
	200	352	142	128	226	108
	300	196	118	85	175	152
	400	151	—	52	100	42
Spannung an der Streckgrenze	100	88	95	92	93	100
	200	85	108	91	97	96
	300	88	88	77	84	102
	400	71	66	62	60	91
Bruch-Spannung	100	92	99	95	95	93
	200	89	99	95	93	97
	300	89	93	90	89	96
	400	71	72	73	71	77
Dehnung auf je 30 mm vom Bruch	100	94	83	88	86	79
	200	93	89	87	78	100
	300	91	90	88	89	91
	400	39	57	78	78	98

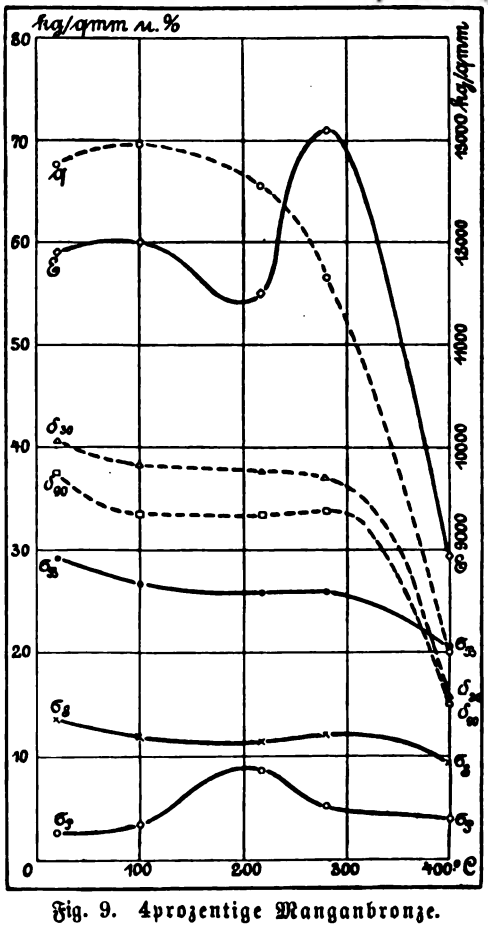


Fig. 9. 4prozentige Manganbronze.

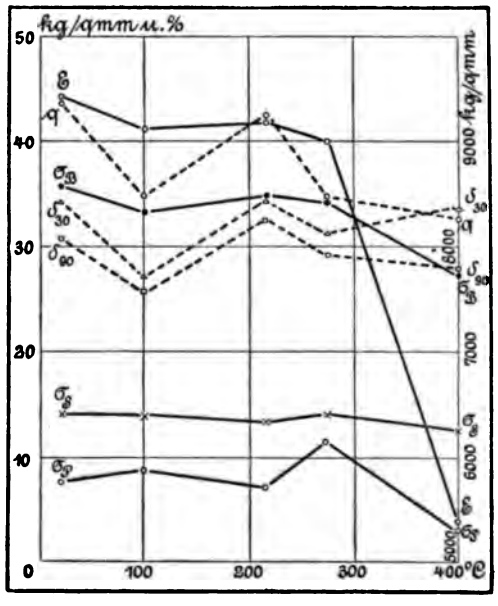


Fig. 10. 15prozentige Manganbronze.

13,5 prozentigen Manganbronze erhalten waren, sind die nach den letzteren verzeichneten Schaulinien in Fig. 9 und 10 hier nochmals wiedergegeben. Außerdem sind in Tab. 3 für alle fünf Bronzen die Verhältnißzahlen für die bei Zimmerwärme und bei höheren Wärmegraden erhaltenen Beobachtungswerthe, die ersteren gleich 100 gesetzt, zusammengestellt. Beide Unterlagen lassen eine befriedigende Uebereinstimmung in dem Verhalten aller fünf Bronzen gegenüber dem Einfluß des Erhitzens erkennen.

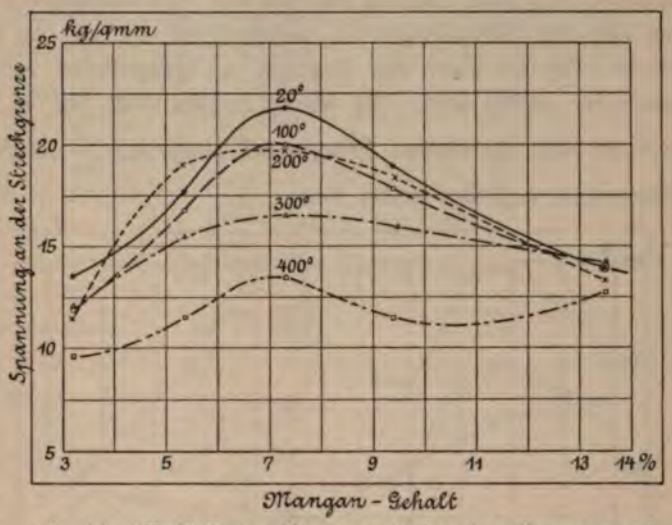


Fig. 11. Einfluß des Mangangehaltes der Bronzen auf deren Streckgrenze bei verschiedenen Wärmegraden.

Schließlich sind in Fig. 11 bis 13 noch zeichnerische Darstellungen von dem Einfluß des Mangangehaltes auf die Festigkeitseigenschaften der Bronzen bei verschiedenen Wärmegraden gegeben. Hierzu wurden die Mangangehalte der untersuchten Proben als Abscissen, und immer die für die fünf Bronzesorten bei gleichen Wärmegraden erhaltenen Werthe als Ordinaten aufgetragen. Fig. 11 giebt die Werthe für die Streckgrenze, Fig. 12 diejenigen für die Bruchspannung und Fig. 13 die Bruchdehnungen gemessen auf je 30 mm vom Bruch. Nach den Wärmegraden sind die einzelnen Linienzüge in derselben Figur durch verschiedenartige Ausführung unterschieden; außerdem sind die Wärmegrade neben den einzelnen Linien niedergeschrieben.

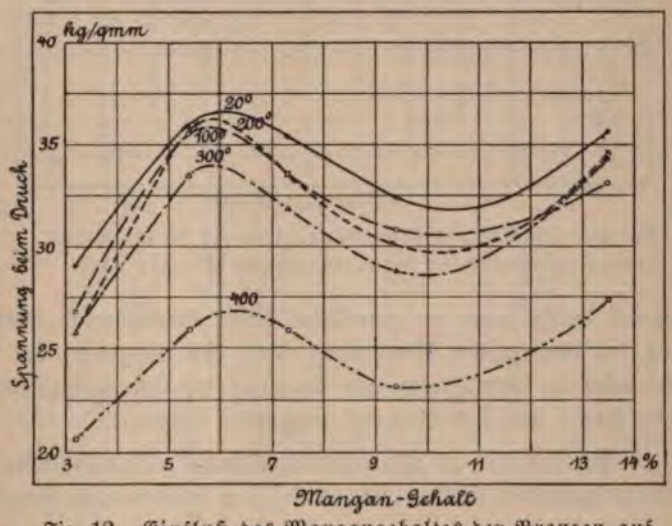


Fig. 12. Einfluß des Mangangehaltes der Bronzen auf deren Bruchspannung bei verschiedenen Wärmegraden.

Bevor in die Besprechung der Schlußfolgerungen eingetreten wird, welche aus den Schaulinien Fig. 11—13 abzuleiten sind, bleibt zu erörtern, welchen Einfluß der etwa vorhandene verschiedenartige Grad der mechanischen Bearbeitung der fünf Bronzen auf den Verlauf dieser Schaulinien ausübt.

Nach den Beobachtungen, welche für andere Metalle vorliegen, wird durch die mechanische Bearbeitung die Bruchdehnung vermindert, dagegen die Bruchspannung und ganz besonders die Spannung an der Streckgrenze gehoben. Dieser Einfluß ist im Allgemeinen derart, daß man bei einem und demselben Material einen um so höheren Grad der

mechanischen Bearbeitung annehmen kann, je näher die Streckgrenze (σ_S) der Bruchgrenze (σ_B) liegt, d. h. je größer das Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ ist.[1]) Für Manganbronze liegen wissenschaftliche Untersuchungen nach dieser Richtung hin nicht vor. Die einschlägigen praktischen Erfahrungen erstrecken sich nach den Mittheilungen der Isabellenhütte nur auf die 4—5prozentige Bronze und nur darauf, daß bei dieser eine Zunahme der Zugfestigkeit durch mechanische Bearbeitung angenommen werden darf. Ich glaube indessen nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, daß auch bei allen untersuchten Bronzen das Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ als Maß für den Grad der mechanischen Bearbeitung angesehen werden kann.

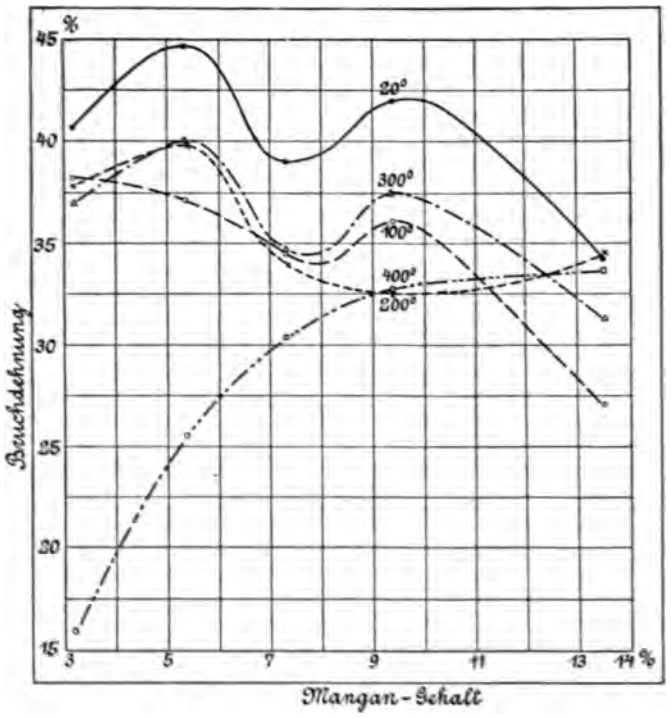


Fig. 13. Einfluß des Mangangehaltes der Bronzen auf deren Bruchdehnung bei verschiedenen Wärmegraden.

Wie schon oben gesagt wurde, gilt dieser Maßstab nur bei Beurtheilung eines und desselben Materiales. Sind Materialien verschiedener chemischer Zusammensetzung mit einander zu vergleichen, so kann man nicht ohne weiteres annehmen, daß dasjenige von ihnen am stärksten mechanisch bearbeitet ist, welches den höchsten Werth für $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ aufweist, weil es nicht ausgeschlossen erscheint, daß schon die verschiedenartige chemische Zusammensetzung an sich die Lage der Streckgrenze zur Bruchgrenze in verschiedenem Maße beeinflußt. In solchen Fällen wird man zur Erlangung eines sicheren Urtheiles neben den Versuchen mit dem Material im Anlieferungszustande auch Versuche mit solchen Stäben anstellen müssen, welche zuvor bei hinreichend hohen Wärmegraden ausgeglüht wurden, sodaß der Einfluß der mechanischen Bearbeitung durch das Ausglühen als beseitigt angesehen werden kann. Je tiefer die Bruchgrenze und besonders die Streckgrenze durch das Glühen heruntergingen, desto stärker war das Material mechanisch bearbeitet.

Bei den hier zu vergleichenden Bronzen mit verschiedenem Mangangehalt liegen Versuche mit ausgeglühten Stäben nicht vor. Um trotzdem den Vergleich hinsichtlich des Grades der Bearbeitung durchführen zu können, habe ich die Verhältnisse von $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ für alle fünf Wärmezustände berechnet, bei denen die Versuche angestellt wurden. Ich ging hierbei von der aller-

[1]) A. Martens: „Bericht über die Ergebnisse von Vorversuchen über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer", Mitth. 1894, S. 132.

dings noch zu beweisenden Annahme aus, daß das Material um so stärker bearbeitet ist, je mehr die Werthe für $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ mit steigender Versuchswärme heruntergehen.

Die erhaltenen Werthe sind in Tab. 4 zusammengestellt und zur besseren Uebersicht, nach Material getrennt, in Fig. 14 zeichnerisch dargestellt, indem die Wärmegrade als Abscissen und die ihnen zugehörigen Verhältnißzahlen als Ordinaten aufgetragen wurden. Um zu kennzeichnen, welchem Material die einzelnen Linien angehören, sind die Prozentgehalte des Mangans neben ihnen niedergeschrieben.

Die beiden Linien für die Bronzen mit 3,2 und 13,5 % Mangangehalt aus den älteren Versuchen lassen in ihrem Verlauf eine wesentliche Verschiebung der Streckgrenze gegen die Bruchgrenze durch gesteigerte Versuchswärme nicht erkennen. Man wird daher annehmen müssen, daß dieses Material entweder im ausgeglühten Zustande zur Prüfung eingeliefert oder überhaupt nicht mechanisch bearbeitet wurde.[1])

Die Linien für die Bronzen aus der neueren Untersuchung mit 5,35—9,4 % Mangan-

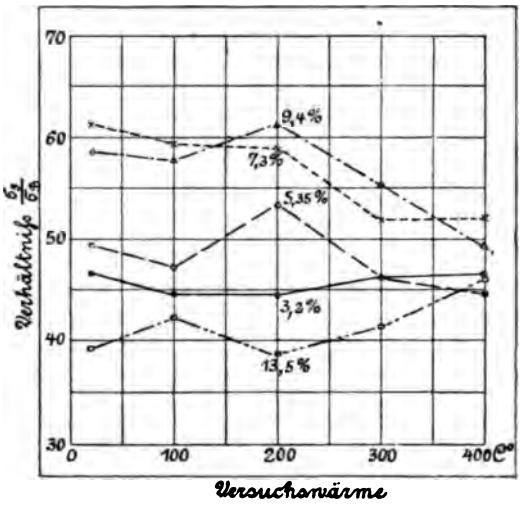


Fig. 14. Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ bei den verschiedenen Wärmegraden.

Tabelle 4. **Verhältniß zwischen den Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch bei verschiedenen Wärmegraden.**

Mangangehalt der Bronze	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ bei den folgenden Wärmegraden				
	20 C°	100 C°	200 C°	300 C°	400 C°
4 (3,2)	46,7	44,6	44,5	46,3	46,6
5,35	49,4	47,2	53,5	46,3	44,8
7,30	61,3	59,5	59,0	52,0	52,2
9,40	58,7	57,8	61,4	55,4	49,6
15 (13,5)	39,2	42,3	38,8	41,6	46,4

[1]) Für die 13,5 prozentige Bronze war es schon im früheren Berichte als zweifelhaft bezeichnet, daß das Material mechanisch bearbeitet sei (s. Mitth. 1893, S. 321).

Ferner theilt Herr Bergrath C. Heusler bezüglich der mechanischen Bearbeitung der Proben Folgendes mit: „Die 5,35—7,3—9,4 prozentigen Bronzestäbe sind in gewalztem Zustande seitens der Isabellenhütte an die Versuchsanstalt geliefert worden. Die 3,2 prozentige Bronze ist vor etwa drei Jahren auf dem gleichen Walzwerk nach der gleichen Methode gewalzt worden; die 13,5 prozentige Bronze ist als in Eisen gegossener Rundstab von 60 mm Durchmesser auf der Isabellenhütte hergestellt worden. Die beiden letztgenannten Materialien sind seitens der Isabellenhütte durch Vermittelung des Herrn Paul Speier, Breslau (Agent der Isabellenhütte) an die Kaiserliche Marine geliefert worden.

Es dürfte also daran festzuhalten sein, daß die 13,5 prozentige Bronze mechanisch nicht bearbeitet war; daß dagegen die 3,2 prozentige Bronze in gewalztem Zustande zur Anlieferung gelangte. Ein nachträgliches Ausglühen dieser Bronze hat auf dem Walzwerk nicht stattgefunden."

gehalt, zeigen einen deutlichen Abfall nach rechts, d. h. mit wachsender Versuchswärme; er ist bei der 5,35prozentigen Manganbronze etwas geringer als bei den beiden anderen Bronzen mit höherem Mangangehalt, jedenfalls ist aber der Einfluß der mechanischen Bearbeitung bei allen drei Materialien deutlich zu erkennen. Treffen also die oben gemachten Annahmen für den Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften der Manganbronze allgemein zu, so wird man aus Fig. 14 weiter folgern können,

daß die beiden Bronzen mit 3,2 und 13,5 % Mangangehalt wenigstens bei Zimmerwärme höhere Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch gezeigt haben würden, wenn sie in dem gleichen Grade der mechanischen Bearbeitung zur Untersuchung gelangt wären, wie die drei anderen Bronzen. —

Betrachtet man nun den Verlauf der Schaulinien Fig. 11—13, so zeigt sich, daß die Bronze mit etwa 5—6 % Mangangehalt nach Fig. 12 bei allen angewendeten Wärmegraden die höchste Bruchfestigkeit und nach Fig. 13 sowohl bei Zimmerwärme, als auch bei 200 und 300 C° auch die größte Bruchdehnung besaß. Dieses Ergebniß wird durch das vorstehend über den Einfluß der Bearbeitung Gesagte nicht beeinträchtigt,

man wird daher von den untersuchten Bronzen diejenige mit 5—6 % Mangangehalt als die brauchbarste für solche Konstruktionstheile ansehen können, welche auf Zugfestigkeit beansprucht sind.

Die Streckgrenze liegt zwar nach Fig. 11 bei der Bronze mit 7—8 % Mangangehalt am höchsten, indessen besitzt dies Material eine so auffallend geringe Bruchdehnung, daß es seiner geringen Zähigkeit wegen trotz seiner größeren Widerstandsfähigkeit gegen bleibende, praktisch meßbare Formänderungen als Konstruktionsmaterial unzuverlässiger und geringwerthiger zu erachten ist, als die Bronze mit 5—6 % Mangangehalt.

Daß die Streckgrenze und Bruchfestigkeit der Bronze mit 3,2 % Mangangehalt bei gleicher mechanischer Bearbeitung des Materials höher befunden worden wäre wie bei der 5,35prozentigen Bronze, erscheint mir mindestens unwahrscheinlich; dagegen kann wohl sicher angenommen werden, daß die Festigkeitseigenschaften der 13,5prozentigen Bronze durch mechanische Bearbeitung noch eine Steigerung würden erfahren haben.

Hiernach wird man nicht fehlgehen, wenn man aus den vorliegenden Ergebnissen schließt,

daß der wachsende Manganzusatz die Eigenschaften des Kupfers in ähnlicher Weise beeinflußt, wie es durch Hadfield für Stahl nachgewiesen ist, nämlich derart, daß die Festigkeit der Bronze bis zu einem gewissen Mangangehalt zunimmt, dann mit wachsendem Mangangehalt wieder abnimmt, um mit weiterem Manganzusatz abermals gesteigert zu werden.

Ob die Bruchdehnung oder die Zähigkeit der Bronze dem gleichartig verlaufenden Einfluß des Mangangehaltes, wenn auch mit Verschiebung der untersten und obersten Grenzen, unterliegt wie die Festigkeit, kann nach den vorliegenden Ergebnissen nicht gesagt werden, da der Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Dehnung hochmanganhaltiger Bronzen aus diesen Versuchen nicht zu ersehen ist. Hoffentlich geben diese Besprechungen zu weiteren Untersuchungen mit Manganbronze auch über den Einfluß der mechanischen Bearbeitung Veranlassung.

5. Kleinere Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Vorsteher der Abtheilung W. Herzberg.

a. Widerstand gegen Zerknittern.

In letzter Zeit sind in der Versuchsanstalt mehrere Papiere geprüft worden, bei denen der für den Widerstand gegen Zerknittern ermittelte Werth in auffallendem Widerspruch mit den Werthen für Reißlänge und Bruchdehnung stand; diese Papiere geben daher vortreffliche Beispiele dafür, daß es bei der Beurtheilung der Festigkeit eines Papiers unumgänglich nothwendig ist, den Widerstand gegen Zerknittern und Reiben mit heranzuziehen. Nachstehend seien die gemachten Beobachtungen, welche durchweg an Schreibpapieren (Kanzlei und Konzept) im Format 33×42 cm ermittelt wurden, wiedergegeben.

Art des Papiers	Mittlere Reißlänge	Mittlere Dehnung	Widerstand gegen Zerknittern
1. Konzept 4b	5020 m	3,4 %	mittelmäßig.
2. Konzept 3b	4775 m	3,7 %	mittelmäßig.
3. weißes Schreibpapier . .	4537 m	3,5 %	mittelmäßig.
4. Urkundenpapier	4425 m	3,8 %	mittelmäßig.
5. Normal 3b	4160 m	3,0 %	mittelmäßig.
6. Akten-Konzeptpapier . .	4106 m	3,0 %	gering.
7. Konzeptpapier	4025 m	3,1 %	gering.
8. Kanzleipapier	3375 m	2,5 %	sehr gering.
9. weißes Schreibpapier . .	3225 m	2,7 %	sehr gering.
10. Urkundenpapier	3216 m	2,7 %	sehr gering.

Ein Druckpapier ergab bei einer Reißlänge = 4025 m und einer Dehnung = 3,1 % nur einen „geringen" Widerstand gegen Zerknittern.

Ein Postpapier hatte bei einer Reißlänge = 2975 m und einer Dehnung = 2,1 % einen „außerordentlich geringen" Widerstand gegen Zerknittern; bei dem geringsten Versuche, es nur zusammenzuballen, brach es an vielen Knifffstellen durch.

Die Fabrik, welche dieses Postpapier und das oben unter 9 aufgeführte weiße Schreibpapier hergestellt hat, äußerte sich über die beiden Sorten wie folgt:

„So lange bei derartigen feinen Papieren die Ansprüche der Kundschaft an Färbung, Durchsicht, Reinheit und Eleganz bleiben und sich sogar steigern, helfen die besten Stoffe nichts zur Erreichung hoher Dehnungs- und Zerknitterungseigenschaften, und wir begrüßten es mit Freuden, wenn die Versuchsanstalt auch nach dieser Richtung hin aufklärend wirken würde."

Die Versuchsanstalt benutzt jede Gelegenheit, um die Papierverbraucher, namentlich die Behörden, darauf hinzuweisen, daß der wahre Werth des Papiers nicht in einem schönen Aeußeren, sondern in einer zweckmäßigen Stoffzusammensetzung und Festigkeit zu suchen ist. Jedoch wird selbst von einzelnen Papierfabrikanten dieser Ansicht nicht beigestimmt und verlangt, daß auch auf das Aussehen des Papiers ein besonderes Gewicht gelegt wird, wie z. B. aus nachstehendem der Versuchsanstalt zugegangenen Schreiben einer bedeutenden Papierfabrik hervorgeht:

„Den Spielraum von 10 % für Normalpapiere halte ich für viel zu reichlich bemessen, wenigstens für die Klassen 1—2b. Nach den alten Bestimmungen mußte

der Fabrikant die Festigkeit stets etwas höher machen (etwa 100—200 m in der Reißlänge), während heute ein gleichwerthiges Papier erheblich weniger fest zu sein braucht, um den Bestimmungen zu genügen. Diese Papiere können erheblich viel billiger geliefert werden und die festeren Papiere, deren Herstellung mit größeren Schwierigkeiten verknüpft sind, werden zurückgedrängt, da die Behörden nicht das äußere Aussehen, sondern lediglich den Preis in Berücksichtigung ziehen. So kann die Klasse 2b jetzt mit über 3600 m Reißlänge bereits genügen, während doch ein surrogatfreies Papier und wenn es aus dem schlechtesten Material hergestellt ist, nicht unter 4200—4500 m Reißlänge halten dürfte.

Ein Spielraum von 3 % würde vollständig genügen; die in den früheren Bestimmungen enthaltenen Festigkeiten waren mit großer Sachkenntniß gewählt; wenn Papiere der 1. und 2. Klasse dann gleichzeitig weiß, frisch in Farbe, rein in der Durchsicht und klar gearbeitet sind, so haben die Behörden die Gewißheit, ein vollkommen gearbeitetes, tadelloses Papier zu besitzen, welches niemals in Qualität zurückgehen wird.

Es ist aber nach meiner Ansicht irrig, wenn man von den Papieren der 1. und 2. Klasse annimmt, daß man auf Färbung und Reinheit nicht besonderen Werth zu legen braucht; diese beiden Eigenschaften sind für ein gutes Aktenpapier nothwendig."

b. Verstoß gegen die Lieferungsbedingungen.

Ein schwerwiegender Verstoß gegen die Lieferungsbedingungen wurde kürzlich bei Lieferung von Briefumschlägen an eine Staatsbehörde festgestellt.

Es waren Briefumschläge erster Sorte (Verwendungsklasse 5a) zu liefern, welche bekanntlich der Stoffklasse II und Festigkeitsklasse 3 angehören müssen; statt dessen wurden Briefumschläge mit Aufdruck geliefert, die der Stoffklasse IV und Festigkeitsklasse 6 angehörten. Ueber die Art der Verstöße giebt die nachstehende Gegenüberstellung Aufschluß:

Verlangt:	75 % Lumpen 25 % Cellulose	nicht mehr als 5 % Asche	4000 m Reißlänge	3 % Dehnung	Widerstand: groß
Geliefert:	Etwa 50 % Holzcellulose 50 % Holzschliff	1,9 % Asche	3725 m	1,9 % Dehnung	Widerstand: gering

Außerdem war das Papier sehr schwach geleimt; die Schriftzüge liefen aus und schlugen fast in ihrer ganzen Dicke durch.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

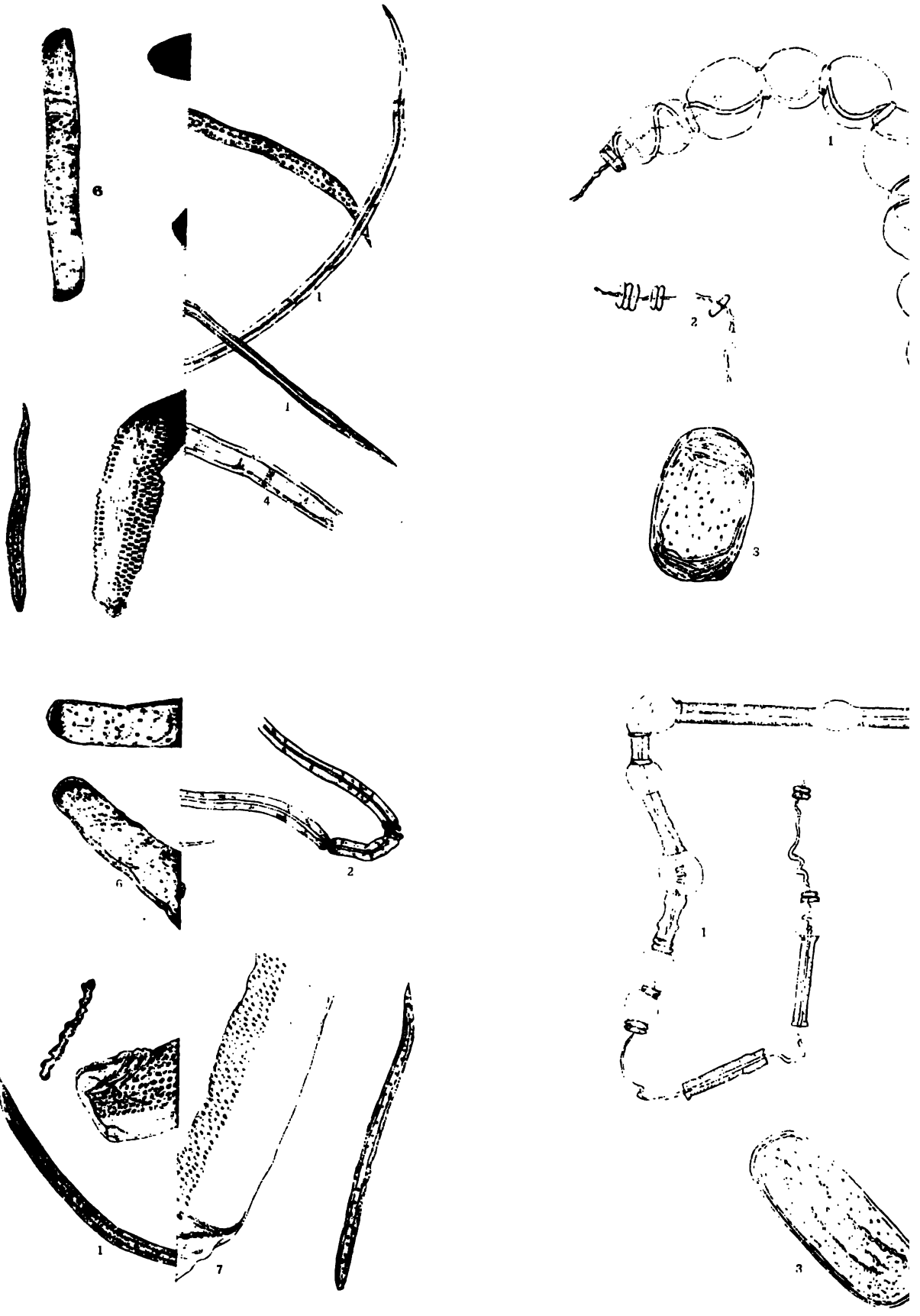


Fig. 3. Quellungserscheinungen bei den Fasern von Arundo-don

W. Herzberg, Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie.

Fig. 5. Ein Stück des Querschnittes in 25facher Vergrösserung.

Fig. 4. Stengelquerschnitt von Arundo-donax. (Natürliche Grösse.)

Fig. 2. Charakterbild der aus Arundo-donax-Papier präparirten Fasern.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. **1895.** Zweites Heft.

Bekanntmachung.

Der Reichsanzeiger vom 27. März 1895 Nr. 76 meldet:

Vom 1. April d. J. ab wird die Prüfungsstation für Baumaterialien zu Charlottenburg als Abtheilung an die mechanisch-technische Versuchsanstalt daselbst angeschlossen.

Zum Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung ist der Ingenieur Max Gary ernannt worden. Die Direktion der Gesammtanstalt ist dem Vorsteher der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, Professor Martens, übertragen worden.

Vorschriften
für die
Benutzung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

I. Leitung.[1])

Die mechanisch-technische Versuchsanstalt steht unter der Leitung des Direktors Professor A. Martens.

Sie befindet sich in Charlottenburg (Technische Hochschule).

Als Abtheilungsvorsteher wirken:

A. für die Abtheilung für Metallprüfung der Professor M. Rudeloff, der zugleich Stellvertreter des Direktors ist.

B. für die Abtheilung für Baumaterialprüfung der Ingenieur M. Gary.

C. für die Abtheilung für Papierprüfung der Chemiker W. Herzberg.

D. für die Abtheilung für Oelprüfung der Chemiker Dr. D. Holde.

II. Hülfsmittel.

Die Versuchsanstalt besitzt die nöthigen Vorrichtungen, um besonders hergerichtete Probestücke, sowie ganze Konstruktionstheile auf Zug-, Druck-, Knickungs-, Biegungs-, Dreh-

[1]) Die zweckmäßigste Zeit für persönliche Rücksprachen in Versuchsangelegenheiten ist von 9—12 Uhr Vormittags. Telephon Charlottenburg 797, Versuchsanstalt.

und Scheerfestigkeit zu untersuchen, und Bau-, Konstruktions- und Verbrauchsmaterialien als Metalle, Hölzer, Leder, Faserstoffe, Gewebe, Gespinnste, Papier, Bausteine, Bindemittel, Schmier-, Anstrich-, Schutzmittel u. s. w. auf ihre technischen Eigenschaften und ferner Festigkeitsprobirmaschinen und andere Apparate zur Materialuntersuchung auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Hierzu stehen in den vier Abtheilungen folgende Hülfsmittel zur Verfügung:

A. In der Abtheilung für Metallprüfung.

zur Untersuchung der Festigkeit und anderer physikalischer Eigenschaften von Metallen, Hölzern, Seilen, Riemen, Ketten und Materialien für den Maschinenbau:

1. Pumpwerk, durch Riemen betrieben; erzeugt Druckwasser bis zu 400 Atm.

2. selbstthätiges Pumpwerk, von der städtischen Wasserleitung getrieben; erzeugt Druckwasser bis zu 300 Atm.

3. selbstthätiger Kraftsammler, von der städtischen Wasserleitung getrieben; regelt den Betriebsdruck bis zu 100 Atm.

4. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 500000 kg, Bauart Hoppe, eingerichtet für Zug-, Druck- und Knickungsversuche.

5. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 100000 kg, Bauart Werder, eingerichtet für Zug-, Druck-, Knickungs-, Biegungs-, Dreh- und Scheerversuche.

6. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 100000 kg, Bauart Pohlmeyer, eingerichtet für Zug-, Druck- und Biegungsversuche; mit Kraftmesser, Schaulinienzeichner von Martens.

7. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 50000 kg, Bauart Martens, lediglich zum Zerreißen von Normalrundstäben und kleinen Proben. Selbstthätig wirkende stehende Maschine mit Antrieb durch hydrauliche Presse; Kraftmessung durch Hebelwage mit einmaliger Uebersetzung von 1:250; Einrichtungen zur Ausführung von Versuchen in hohen und niederen Wärmegraden.

8. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 50000 kg, Bauart Pohlmeyer; Einrichtungen wie unter 6 angegeben.

9. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 40000 kg, Bauart W. Wedding, für Zug-, Druck- und Biegungsversuche. Mit Schraubenantrieb, Laufgewicht und doppelter Hebelübersetzung.

10. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 5000 kg, Bauart Martens, nur für Zugversuche mit kleinen Proben.

11. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 1000 kg, Bauart Rudeloff, für Zug- und Biegungsversuche. Mechanischer Schraubenantrieb, Kraftmessung durch Feder- und Gewichtswage; mit Schaulinienzeichner von Martens zum Verzeichnen mikroskopischer Schaulinien auf Glas.

12. Maschine zur Prüfung auf Drehfestigkeit bis zu 2200000 cm/kg, Bauart Martens-Becker; zur Prüfung von Wellen, Konstruktionstheilen u. s. w.

13. Drehfestigkeitsmaschine, Bauart Rudeloff; zur Prüfung von Drähten bis zu 10 mm Durchmesser.

14. Vorrichtungen zur Prüfung auf Scheer- und Lochfestigkeit, Bauart Martens; zur Benutzung mit den Maschinen 6, 8 und 16 eingerichtet.

15. Großes Schlagwerk, Bauart Cramer; mit einem Bär von 600 kg und 10 m Fallhöhe arbeitend. Eisengewicht der Schabotte 10000 kg. Hauptsächlich zur Prüfung von

Schienen, Radreifen und Achsen eingerichtet; mit Meßapparaten von Martens; in Aussicht genommen, Einrichtungen für die Prüfung von Panzerbolzen.

16. Kleines Schlagwerk, Bauart Martens; mit mehreren Bären bis zu 50 kg Gewicht und 4,5 m Fallhöhe arbeitend. Eingerichtet für Stauchungs-, Biegungs- und Zugversuche unter Schlagwirkung.

17. Vorrichtungen zur Prüfung von Material für Fußböden, Dachbedeckung u. s. w. auf Widerstandsfähigkeit gegen Stoß.

18. Pressen, Rohrleitungen, Gruben, Einspannvorrichtungen und Manometer zur Ausführung von Versuchen auf inneren Druck bis zu 10000 Atm.

19. Schraubenpresse zur Ausführung technologischer Biegeproben, Bauart Martens.

20. Eine große Zahl von Einspannvorrichtungen verschiedenster Art für die vorgenannten Maschinen.

21. Zahlreiche Spiegelapparate, verschiedener Formen, Bauart Martens; Spiegelapparate und Rollenfühlhebel von Bauschinger.

22. Vorrichtungen und Normalmaße zur Ausführung von Feinmessungen und zur Kontrole der Feinmeßwerkzeuge; Mikroskope und andere Instrumente zur Feststellung physikalischer Eigenschaften von Materialien.

23. Härteprüfer, Bauart Martens; zur Bestimmung der Ritzhärte mittelst eines Diamanten.

24. Glühofen zum Ausglühen von Probestücken bis zu 1,5 m Länge, 0,3 m Breite und 0,13 m Höhe.

25. Gasglühöfen zum Ausglühen kleiner Probekörper und der Biegeproben zu Nr. 18.

26. Tiegelofen zum Glühen von Probestücken und zur Herstellung von Legirungen und Güssen.

27. Schmiede zur Herstellung von Schweißproben u. s. w.

28. 6 Drehbänke, 3 Hobelmaschinen, 4 Kaltsägen und Fräsemaschinen, mechanische Werkstätte und Tischlerei zur Herstellung und Bearbeitung von Probestücken und zur Anfertigung von Hülfsvorrichtungen und Meßwerkzeugen.

29. Schleifmaschinen und Einrichtungen zur Herstellung von Schliffen für die Aetzung und mikroskopische Untersuchung von Metallen; die Schliffe können in allen Größen bis zu mehreren qdm hergestellt werden.

30. Photographische Einrichtungen für die Aufnahme der Bruch- und Oberflächen-Erscheinungen an Probekörpern.

31. Mikrophotographischer Apparat, Bauart Martens, ausgeführt von Carl Zeiß in Jena, für die Aufnahme von Metallschliffen bei auffallendem Licht und von durchsichtigen Gegenständen (Fasern, Gesteinsschliffen u. s. w.) im durchfallenden Licht; Aufnahmen von Metallschliffen können zur Zeit bis zu 1000facher linearer Vergrößerung ausgeführt werden.

In der mechanisch-technischen Abtheilung können auch Dauerversuche auf Antrag vorgenommen werden; die Einzelheiten unterliegen der besonderen Vereinbarung.

Für Dauerversuche stehen zur Verfügung:

a. Aeltere Maschinen von Wöhler.

32. 2 Maschinen für oft wiederholte Zugwirkung für die gleichzeitige Prüfung von je 4 Stäben eingerichtet.

33. 2 Maschinen für oft wiederholte Biegungswirkung in stetig wechselnder Ebene, für die gleichzeitige Prüfung von je 8 Stäben eingerichtet.

34. 3 Maschinen für oft wiederholte Biegungswirkung, für die gleichzeitige Prüfung von je 6 Stäben eingerichtet.

35. 3 Maschinen für oft wiederholte Drehwirkung, für die gleichzeitige Prüfung von je einem Stabe eingerichtet.

b. Neue Maschinen von Martens.

36. 1 Maschine für oft wiederholte Biegungswirkung in stetig wechselnder Ebene, für die gleichzeitige Prüfung von 4 Stäben eingerichtet.

37. 2 Maschinen zur Ausführung von Schlagdauerversuchen mit Drahtseilen und Seilverbindungen.

38. 1 Maschine zur Ausführung von wiederholten Biegungen über Scheiben von verschiedenem Durchmesser; die Versuche können mit Drähten, Drahtlitzen oder Drahtseilen, die zugleich auf Zug beansprucht sind, ausgeführt werden.

39. Für die Prüfung von Festigkeitsprobirmaschinen auf ihre Richtigkeit sind sehr genau untersuchte Kontrolstäbe und zwar für Kraftleistungen

bis zu 10000 kg 4 Stück
bis zu 100000 kg 1 Stück
bis zu 500000 kg 1 Stück

und die zugehörigen Feinmeßapparate vorhanden.

Festigkeitsprobirmaschinen für Metall-, Baumaterial- und Papierprüfung können auf Antrag in der Anstalt, sowie außerhalb derselben geprüft werden.

40. Die Untersuchung von Apparaten für Materialprüfungen kann in der Anstalt in gleichem Umfange vorgenommen werden, wie er bei der Kontrole der eignen Apparate der Anstalt angewendet wird.

41. Zur Aichung von Schlagwerken auf ihre Schlagwirkung können Kupfercylinder abgegeben werden, deren Material vorher auf den Schlagwerken der Anstalt genau untersucht wurde.

B. In der Abtheilung für Baumaterialprüfung

zur Untersuchung der Festigkeit und anderer physikalischer Eigenschaften von natürlichen und künstlichen Steinen, Holz, Glas, Dachpappe u. s. w., sowie der Festigkeits- und allgemeiner Eigenschaften von Bindemitteln, wie Cement, Kalk, Traß, Gyps u. s. w.

1. 1 hydraulische Presse zur Ausführung von Druck- und Bruchfestigkeitsversuchen für Kraftleistungen bis zu 140000 kg.

2. 1 Presse für Druckversuche mit Bindemitteln und Mörteln, sowie für Biegeversuche mit Dachziegeln, Schiefern u. s. w.

3. 3 Zugfestigkeitsprüfungsapparate für Cement- u. a. Mörtel: Bauart Michaelis.

4. 1 Kontrolapparat, Bauart Bauschinger, für die Maschine unter Nr. 1.

5. 5 Schlagwerke, Bauarten Böhme, Tetmajer-Klebe, Nagel & Kaemp u. A., zum mechanischen Einschlagen der Mörtelproben.

6. Formen verschiedener Art zur Herstellung von Probekörpern aus Mörteln.

7. Diamantsägen zur Herstellung von Probekörpern aus natürlichen und künstlichen Steinen.

8. Sägegatter zum Schneiden der Ziegelsteine für die Festigkeitsversuche.
9. Diamanthobelmaschine zur Bearbeitung von Gesteinen.
10. Abnutzungsmaschine, Bauart Bauschinger.
11. Gefriereinrichtung für die Ausführung von Versuchen auf Frostwirkung.
12. Mahlvorrichtung (Walzwerk, Kugelmühle).
13. Registrirender Nadelapparat, Bauart Amsler-Laffon.
14. Mikroskopische und chemische Einrichtung für Gesteinsuntersuchungen.
15. Apparate für physikalische Untersuchungen, Rauminhaltsbestimmungen nach Mann, Schumann, Bauschinger, Klebe u. s. w.
16. Apparate zur Ausführung von Darr- und Kochproben.
17. Apparate zur Feststellung der Wasserdurchlässigkeit.
18. Apparate zur Bestimmung der Litergewichte von Cement u. s. w. im eingesiebten, eingelaufenen und eingerüttelten Zustande.
19. Siebvorrichtungen zur Prüfung der Feinheit der Mahlung bezw. Korngröße.
20. Trockenöfen, Brennöfen u. s. w. zum Trocknen von Proben und Herstellung von Probebränden.

C. In der Abtheilung für Papierprüfung

zur Untersuchung der Festigkeits-, physikalischen und chemischen Eigenschaften von Papier, Geweben, Garnen und anderen Fasergebilden:

1. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 500 kg, Bauart Martens, mit Laufgewicht, selbstthätig wirkend mit Wasserbetrieb und Schaulinienzeichner; für die Prüfung von Pappen und Geweben eingerichtet.
2. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 200 kg, Bauart v. Tarnogrocki; Pendelwage zur Prüfung von Geweben und Pappen.
3. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 150 kg, Bauart Schopper; Pendelwage und Dehnungszeiger zur Prüfung von Geweben, Pappen, Aktendeckeln, Kartons u. s. w.
4. 4 Festigkeitsprüfungsmaschinen mit Kraftleistungen bis zu 18 kg, Bauart Hartig-Reusch; Federwage mit Schaulinienzeichner zur Prüfung von Fäden und Papier.
5. 5 Festigkeitsprüfungsmaschinen mit Kraftleistungen bis zu 20 kg, Bauart Wendler; Federwage mit Dehnungszeiger zur Prüfung von Papier. Hiervon sind 2 Maschinen in luftdicht verschließbaren Kästen untergebracht, um Papiere, Garne u. s. w. bei verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsgraden prüfen zu können.
6. Festigkeitsprüfungsmaschine für Kraftleistungen bis zu 10 kg, Bauart Schopper; Pendelwage mit Dehnungszeiger zur Prüfung von Seidenpapier und Fäden.
7. 3 Wassermotoren zum Betrieb der Wendlerschen Maschinen u. s. w.
8. Einrichtungen um den Raum für Festigkeitsprüfungen auf gleicher Luftfeuchtigkeit erhalten zu können.
9. 1 Zwirnungszähler für Garne, Bauart Schopper.
10. Einrichtung zur Bestimmung der Längenänderungen des Papiers bei verschiedener Feuchtigkeit und verschiedenen Wärmegraden, Bauart Dalén.
11. Vorrichtung zur Bestimmung der Saughöhe von Löschpapier nach Winkler.
12. 1 Autoclave zum Aufschließen von Rohstoffen bei Drucken bis zu 18 Atm.

13. Vollständige mikroskopische Einrichtung von Carl Zeiß in Jena, zur Untersuchung von Papier, Geweben u. s. w.

14. Chemisches Laboratorium zur Ausführung einfacher Untersuchungen.

15. Mikrophotographische Einrichtungen (siehe Absatz A Nr. 28) zur Aufnahme von Faserstoffen u. s. w.

D. In der Abtheilung für Oelprüfung

zur Feststellung der Reibungszahlen und sonstiger physikalischer und chemischer Eigenschaften von Schmier-, Einfettungs-, Rostschutzmitteln u. s. w.

1. 2 Oelprüfungsmaschinen, Bauart Martens; zur Prüfung von flüssigen und halbflüssigen Schmiermitteln auf ihre Reibungswerthe bei Drucken bis zu 250 kg/qcm und Geschwindigkeiten bis zu 4 m sec.

2. 10 Englersche Flüssigkeitsgradmesser und zwar 5 gewöhnliche Apparate mit Flüssigkeitsbad, 1 mit Luftbad und 4 Apparate mit gemeinsamem Wasserbade und Rührwerk zur Wärmeregelung.

3. 2 Pensky-Martenssche und 2 Treumannsche Flammpunktsprüfer für Schmieröle.

4. 1 Abelscher Petroleumprober.

5. 1 Refraktometer nach Abbé zur Bestimmung der Brechungszahlen von Oelen.

6. 1 Spektroskop.

7. 1 Autoclave zur Erhitzung der Oele mit gespanntem Wasserdampf.

8. 1 Apparat zur Bestimmung der Ausdehnungszahlen von Oelen, nach Dr. Holde.

9. 1 Verbrennungsapparat zur Bestimmung der Elementarzusammensetzung von Oelen u. s. w.

10. 1 Dampfdestillationsapparat nach Engler, für Mineralöle.

11. Laboratorium zur chemischen und physikalischen Untersuchung von Oelen und Fetten.

III. Auswahl der Prüfungsverfahren und der einzusendenden Proben.

Obwohl es im Allgemeinen dem Antragsteller überlassen bleiben muß, seinen Nutzen durch zweckmäßige Auswahl der Proben und der Prüfungsarten zu wahren, so wird doch die Versuchsanstalt stets bereit sein, auf Grund von Anfragen Auskunft und Rath in allen Prüfungsangelegenheiten zu ertheilen.

Die Ausführung der Versuche geschieht genau dem Antrage entsprechend; daher muß der Antrag alle Einzelheiten, die bei der Prüfung beachtet werden sollen, oder wenn die Versuche nach den gebräuchlichen Verfahren ausgeführt werden sollen, genau die Bezeichnung der Arbeitsweise (Absatz V) enthalten, nach denen geprüft werden soll.

Wenden die Anschauungen der Versuchsanstalt über die Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit der vom Antragsteller vorgeschriebenen Prüfungsformen von denen des Antragstellers ab, so wird versucht, dies in den Prüfungsergebnissen zum Ausdruck zu bringen.

Bei Ausführung nur eines Versuches, der die Möglichkeit der Wiederholung an dem gleichen Material ausschließt, kann die Versuchsanstalt keine volle Gewähr für die Zuverlässigkeit des ermittelten Ergebnisses

IV. Zahl, Bearbeitung und Form der Proben.

A. Für die Abtheilung für Metallprüfung.[1])

a. Zahl der Probestücke.

Es empfiehlt sich, zu den Festigkeitsuntersuchungen mit Konstruktionsmaterialien für den Maschinenbau unter Beifügung möglichst erschöpfender Angaben über den Ursprung und über die Bearbeitung des Materiales fünf oder mehr gleichartige Probestäbe einzusenden, die den mittleren Zustand des zu prüfenden Materiales darstellen. Aus wenigen Versuchen kann die durchschnittliche Güte nicht zuverlässig ermittelt werden. Zur Ausführung umfangreicher Untersuchungen über den Einfluß des Fabrikationsprozesses oder zur Entscheidung über die Erfüllung vorgeschriebener Bedingungen an Stücken aus mehreren Lieferungen (z. B. Abnahmeprüfungen) empfiehlt es sich, vor Entnahme der einzelnen Proben einen besonderen Plan mit der Anstalt zu vereinbaren.

b. Bearbeitung der Probestücke.

Die Probestücke von den nachstehend angegebenen Formen sind stets durch schneidende Werkzeuge aus dem Vollen herzustellen und nicht durch Stauchen oder Strecken herauszubilden. Zum Zwecke des Abdrehens sind die Körnermarken vorzubohren und sorgfältig zu erhalten. Sind die vorgeschriebenen Abmessungen nicht innegehalten, so übernimmt die Versuchsanstalt die etwa erforderliche Nachbearbeitung auf Kosten der Antragsteller. Ueberhaupt empfiehlt es sich, da alle Probestäbe zur Vermeidung einer Beeinflussung der Ergebnisse mit äußerster Sorgfalt hergestellt sein müssen und die Versuchsanstalt über die nöthigen Sondermaschinen und geübte Leute verfügt, die Bearbeitung in der Anstalt ausführen zu lassen, wofür nur die Selbstkosten in Rechnung gestellt werden. Die Bearbeitungskosten für einen Normalrund- oder Flachstab aus Material von 30—40 mm Durchmesser, beziehentlich von 60 – 70 mm Breite pflegen sich auf etwa 3,00—5,00 Mk. zu stellen.

c. Form der Probestücke.

1. Für Zugversuche zur Feststellung der Materialgüte geben Fig. 1 und 2 (S. 52, linke Hälfte der Figuren, ausgezogene Umrisse) die Abmessungen der Normalform des Rundstabes und des Flachstabes. Die Bestimmung der Proportionalitätsgrenze (Elastizitätsgrenze) σ_p und des Elastizitätsmoduls $E = 1/\alpha$ (α = Dehnungszahl für die Spannungs- und Längeneinheit) erfolgt am besten an solchen Normalstäben.

Müssen aus irgend einem Grunde abweichende Stabformen zur Anwendung kommen, so empfiehlt es sich, folgende Grundsätze bei der Formgebung zu beachten.

Für Stäbe mit anderen Querschnittsgrößen, f = 100 bis 2000 qmm, wähle man die Abmessungen nach den am rechten Ende unter Abmessungen für die Proportionalstäbe angegebenen Verhältnissen; sie sind auf $\sqrt{f}$ als Einheit bezogen. Hierbei darf man beim Flachstab das Verhältniß a/b = Dicke zu Breite von $^1/_1$ bis $^1/_5$ beliebig wählen.

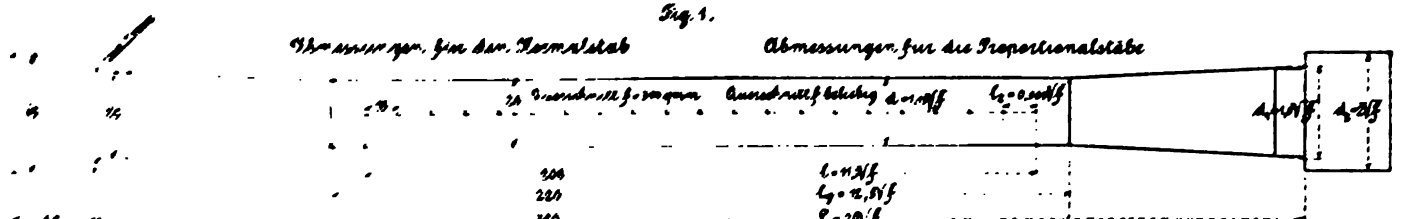
Alle Flachstäbe können an den Schmalseiten mit Fräsern von 60 bis 80 mm Durchmesser (Mittel = 70 mm) bearbeitet werden.

Wenn die vorstehenden Regeln innegehalten werden, so kann bei den meisten Metallen der Einfluß der Stabform auf das Ergebniß, namentlich auf die Größe der Bruchdehnung

[1]) Kosten der Prüfungen siehe Ansätze 1 bis 121.

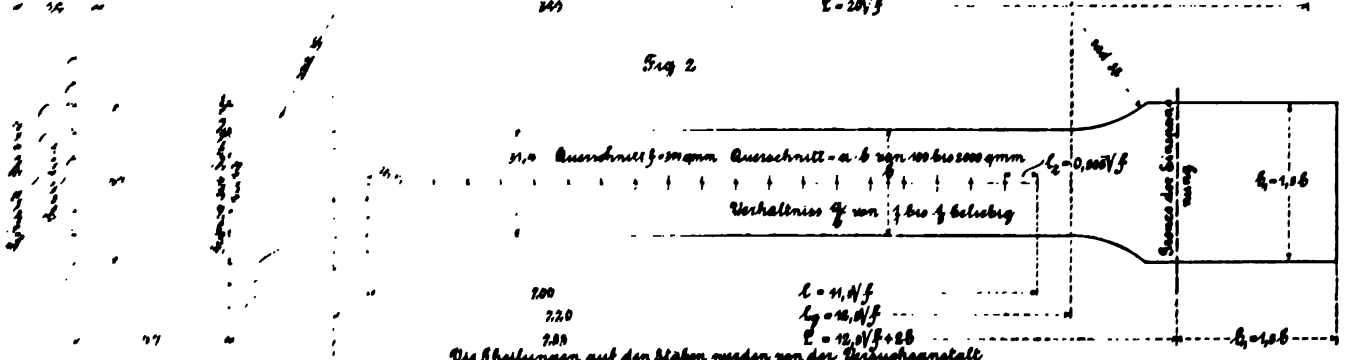
Fig. 1.

Abmessungen für den Normalstab



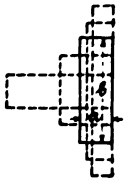
Abmessungen für die Proportionalstäbe

Fig 2

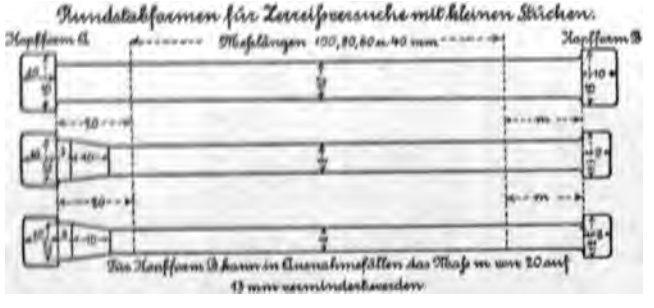


Die Theilungen auf den Stäben werden von der Versuchsanstalt angebracht

Fig. 3.
Querschnitt für den Stab $f = 314$ qmm



Rundstabformen für Zerreißversuche mit kleinen Stücken.

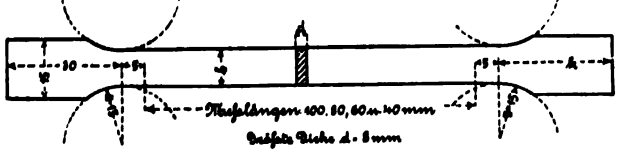


Figur 4.

Figur 5.

Figur 6.

Flachstabformen für Zerreißversuche mit kleinen Stücken.



Figur 7.

sehr wesentlich eingeschränkt werden, indem diese an der von der Versuchsanstalt anzubringenden Theilung gemessen wird. Auf diese Weise erhält man dann Dehnungen, die nahezu gleich denen sind, die man bei gleichem Material mit einem der Normalstäbe erhalten haben würde.

Müssen die Querschnitte kleiner als 100 qmm werden, so ist es zweckmäßig, die in Fig. 4 bis 7 gegebenen Formen zu benutzen, weil hierfür die Einspannvorrichtungen vorhanden sind.

In Fällen, in denen die hier gegebenen Regeln nicht ausreichen, ist es zweckmäßig, besondere Vereinbarungen mit der Versuchsanstalt zu treffen.

Ueber die größten zulässigen Abmessungen siehe Absatz 6.

2. Für Druckversuche zur Feststellung der Materialeigenschaften sind Würfel oder Cylinder von den folgenden Abmessungen einzusenden:

Würfel- oder Cylinderlänge	l = 10	15	20	25	30	40	50	mm
Cylinderdurchmesser . . .	d = 11,3	16,9	22,6	28,2	33,9	45,1	56,4	„

Ueber die größten zulässigen Abmessungen siehe Absatz 6.

3. Für Biegeversuche zur Feststellung der Materialeigenschaften sind Körper mit quadratischem Querschnitt einzusenden, deren Länge L gleich der 40-fachen Quadratseite a des Querschnittes ist; a kann von 10 bis 80 mm gewählt werden.

Ueber die größten für Biegeversuche sonst zulässigen Abmessungen siehe Absatz 6.

4. Knickungsversuche können bis zu den in Absatz 6 angegebenen Abmessungen an Körpern von verschiedenen Formen ausgeführt werden (Säulen, Röhren, Balken u. s. w.).

5. Drehversuche können bis zu den in Absatz 6 angegebenen größten Abmessungen an Körpern verschiedener Form ausgeführt werden (Wellen, Achsen, Kurbelwellen u. s. w.).

6. Belastungsversuche, wenn gewünscht bis zum Bruch, können mit Probestücken aller Art und auch mit Maschinen- und Baukonstruktionstheilen ausgeführt werden (Säulen, Streben, Ketten, Schiffsanker, Flaschenzüge u. s. w.).

Die Abmessungen dieser Körper müssen innerhalb der folgenden Grenzen liegen:

a) für Zugversuche:
Länge bis zu . . . . . 17 m
Breite oder Dicke bis zu 0,75 m
Ketten von größeren Längen können, ohne sie zu zerlegen, in einzelnen Abschnitten geprüft werden.

b) für Druck- und Knickversuche:
Länge bis zu . . . . 16 m
Breite oder Dicke bis zu 0,75 m
Größte Kraftleistung für a und b bis zu . . 500000 kg

c) für Biegungsversuche:
Längen bis zu . . . . 3,2 m
Größte Kraftleistung bis zu . . . . . 100000 kg

d) für Biegung plattenförmiger Körper:
Längen bis zu . . . . 1,2 m
Breiten bis zu . . . . 1,2 m
Größte Kraftleistung bis zu . . . . . 100000 kg

e) für Drehversuche:
Längen bis zu . . . . 3 m
Breiten und Dicken bis zu 0,20 m
Größtes Drehmoment . . . . . 2200000 cm/kg.

7. Auch bei Proben mit noch größeren Abmessungen wird die Prüfung in manchen Fällen möglich sein; in solchen Fällen ist es zweckmäßig mit der Anfrage eine Zeichnung des Versuchsstückes einzusenden.

8. Scheerversuche werden zweckmäßig an Körpern von folgenden Abmessungen angestellt, indessen können auch rechteckige Stücke bis zu 220 × 60 mm abgescheert werden.

Größte Kraftleistung bis zu										100000 kg.
Durchmesser:	7	9	10	13	15	19	22	24	30	40 mm.
Länge des Cylinders:	25	32	35	45	52	65	75	85	100	140 „

9. Lochversuche können mit Platten bis zu 30 mm Dicke und mit Löchern bis zu 300 mm Durchmesser ausgeführt werden, wenn sie weniger als 500000 kg Kraftleistung erfordern.

Vorhanden sind zur Zeit Einrichtungen für Proben bis zu 15 mm Dicke und Lochdurchmesser von 10, 15, 20, 25, 30 und 40 mm.

10. Zugversuche mit Hanf- und Drahtseilen können bis zu 500000 kg Kraftleistung und 17 m Länge mit Proben von beliebiger Konstruktion und Abmessung ausgeführt werden; vorhanden sind zur Zeit Einspannungen für Seile bis zu 50 mm Durchmesser.

Die Proben von Seilen müssen für jeden Versuch mindestens 2,5 m lang sein. Es empfiehlt sich mit jedem Seil mindestens 3 Versuche ausführen zu lassen, also 7,5 m Seil einzusenden.

11. Bei Zugversuchen mit Riemen aus Leder und Faserstoffen empfiehlt es sich mindestens 3 Einzelversuche anstellen zu lassen und hierzu 6 m Riemen einzusenden. Die größte Breite darf 0,75 mm betragen; bis zu 0,3 m Breite sind Einspannvorrichtungen vorhanden.

12. Die Stäbe für technologische Biegeproben erhalten thunlichst die Abmessungen a : b : L = Dicke zu Breite zu Länge = 1 : 3 : 18; Proben aus gewalzten Stangen, bei denen die Breite kleiner als 3 a ist, behalten ihre Abmessungen, wenn a kleiner als 30 mm; sonst ist a auf $^1/_3$ b zu vermindern.

13. Die Stäbe für technologische Ausbreiteproben werden aus den zu den Biegeproben verwendeten Stäben entnommen, erfordern also kein besonderes Material.

14. Für Schlagversuche auf dem großen Schlagwerk können 1,5 m lange Schienen- oder Trägerstücke, ganze Eisenbahnachsen, Radreifen oder Panzerbolzen eingesendet werden.

15. Für Schlagversuche auf dem kleinen Schlagwerk können eingesendet werden:

a) zur Ausführung von Stauchversuchen, Würfel oder Cylinder von den unter Satz 2 angegebenen Abmessungen.

b) zur Ausführung von Zerreißversuchen, Normalrundstäbe von den unter Satz 1 Fig. 1 gegebenen Abmessungen.

c) zur Ausführung von Biegeversuchen, Körper von quadratischem Querschnitt, deren Länge L gleich der 27fachen Quadratseite a des Querschnittes ist; a kann von 10 bis 30 mm gewählt werden.

d) zur **Durchbeulung von Blechen** u. s. w. auf ringförmigen Unterlagen können quadratische Platten bis zu 500 mm Seitenlänge eingesendet werden.

e) auf Wunsch werden auch **Scheer-** und **Lochversuche** unter dem Schlagwerk ausgeführt; die Proben können die in den Sätzen 8 und 9 gegebenen Abmessungen haben.

16. Von den zu untersuchenden **Festigkeitsprobirmaschinen und Apparaten**, die der Versuchsanstalt nicht ohnehin bekannt sind, ist mit dem Antrage eine genaue Zeichnung einzureichen, aus welcher alle Einzelheiten der Maschine und besonders auch der vorhandenen Einspannvorrichtungen erkannt werden können.

17. Für die Herstellung von **Schliffen zur mikroskopischen Untersuchung von Metallen** können beliebig geformte Stücke eingesendet werden, wenn das Material mit den gewöhnlichen Werkzeugmaschinen leicht bearbeitbar ist. Von hartem Material, das durch Schleifen in die endgültige Form gebracht werden muß, sind möglichst plattenförmige Stücke von nicht über 2 cm Dicke, mit mindestens einer nahezu ebenen Fläche einzusenden.

Es ist erwünscht, daß an den Proben noch frische Bruchflächen vorhanden sind.

Für die mikroskopische Untersuchung genügen im Nothfalle schon Stückchen von etwa $5 \times 5 \times 1$ mm, indessen müssen dann mindestens 5 bis 10 Stückchen unter genauer Angabe über die Art der Gewinnung dieser Stücke eingeliefert werden.

Sollen an großen Flächen nur einzelne Stellen untersucht werden, so sind diese Stellen genau zu bezeichnen.

Damit die Interessen des Antragstellers in jeder Richtung wahrgenommen werden können und falscher Beurtheilung vorgebeugt wird, ist es zweckmäßig, der Versuchsanstalt über die Behandlung, die die Probestücke vor oder nach der Entnahme erfahren haben (ob sie beispielsweise geglüht, abgeschreckt, kalt gewalzt, gezogen, gehämmert u. s. w. sind), Mittheilung zu machen. Besonders ist es bei Prüfungen von Gußeisen und Metalllegirungen nöthig zu wissen, unter welchen Umständen sie gegossen und erstarrt sind.

B. Für die Abtheilung für Baumaterialprüfung.[1])

a. Bearbeitung der Probestücke.

Die Versuchsanstalt verfügt über die nöthigen Werkzeugmaschinen (Diamantwerkzeuge), um Bruchsteine nnd andere Baumaterialien auf genaue Probenform bringen zu können. Es empfiehlt sich daher, die Probenbearbeitung in der Versuchsanstalt ausführen zu lassen, weil nur bei schonender und sachgemäßer Bearbeitung die volle Festigkeit des Materiales erhalten bleibt.

Fertig bearbeitete Probestücke müssen den im Folgenden angegebenen Anforderungen genügen.

---

[1]) Kosten der Prüfung siehe Ansätze 200 bis 257.

b. Zahl und Form der Probestücke.

1. Für Prüfungen von Steinen, Thonröhren und Dachpappen.

Zur Prüfung	Erforderlich für Ziegel oder andere künstliche Steine von jeder Steingattung	Erforderlich für Bruchsteine von jeder Steingattung
a) der Druckfestigkeit	15—35 Stück Proben gleichartiger Herstellung und gleicher Form	8—10 Stück geschnittene, nicht behauene, auf beiden Druckflächen genau parallel und eben bearbeitete Proben[1]). Diese müssen haben: α. für die Würfelform 1. bei wenig festen Gesteinsarten: 7.7.7 cm, 2. bei mittelfesten Gesteinsarten: 6.6.6 cm, 3. bei festen Gesteinsarten: 5.5.5 cm, 4. bei sehr festen Gesteinsarten: 4.4.4 cm, β. für die Plattenform 1. bei wenig festen Gesteinsarten: 10.10.6 cm, 2. bei mittelfesten Gesteinsarten: 6.6.3,6 cm, 3. bei festen Gesteinsarten: 5.5.3 cm, 4. bei sehr festen Gesteinsarten: 4.4.2,4 cm, γ. für die Pfeilerform 1. bei wenig festen Gesteinsarten: 7.7.17,5 cm, 2. bei mittelfesten Gesteinsarten: 6.6.15 cm, 3. bei festen Gesteinsarten: 5.5.12,5 cm, 4. bei sehr festen Gesteinsarten: 4.4.10 cm.
NB. (Die unter β und γ angegebenen Formen kommen nur für Bruchsteine, die zu Hochbauzwecken Verwendung finden sollen, außer der Würfelform zur Anwendung)		
b) des Wasseraufnahmebestrebens	10 Stück Proben wie vorstehend	10 Stück Würfel wie unter α angegeben
c) der Wasseraufnahme, Gefügebeschaffenheit, Wetterbeständigkeit und	12 Stück Proben wie vorstehend, 2 geformte, ungebrannte Steine und 1 kg Rohmaterial	
d) des spezifischen Gewichts und Härtegrades	Die zu anderen Versuchen eingesendeten Proben werden benutzt	Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes werden die zu andern Versuchen eingesendeten Proben benutzt. Härtegrad wird nicht bestimmt
e) der Biegungsfestigkeit	10 Stück Proben wie vorstehend	10 Stücke von 36.5.5 cm auf zwei gegenüberliegenden Flächen von 36.5 cm, parallel und eben bearbeitet
f) der Feuerbeständigkeit und hierauf der Druckfestigkeit	12 Stück Proben wie vorstehend	12 Würfel wie oben unter α angegeben
g) von Bruchsteinen in Bezug auf ihre Verwendbarkeit als Baumaterial in umfangreicherer Ausführung		Die Abmessungen können erst auf besondere Anfrage angegeben werden, sobald die Art des Materials bekannt ist.

[1]) Die Druckflächen sind so anzuordnen, daß der Körper entweder parallel oder senkrecht zum Lager zerdrückt wird; soll nach beiden Richtungen geprüft werden, so müssen entsprechend mehr Proben eingesendet werden; die Lagerfläche ist durch ein Zeichen (⊥) kenntlich zu machen.

Zur Prüfung	Erforderlich für Ziegel oder andere künstliche Steine	für Bruchsteine	von jeder Steingattung
h) der Thon- und Cementröhren auf inneren Druck und auf Bruchfestigkeit	Von jeder Rohrstärke mindestens 3 Proberöhren		
i) der Dachpappen auf Zugfestigkeit und Dehnbarkeit, sowie auf Wasseraufnahmebestreben	10 Probestücke auf Zugfestigkeit und Dehnbarkeit, von je 60 cm Länge 10 Probestücke auf Wasseraufnahme, von je 25 cm Länge	Breite und Dicke wie sie der laufenden Fabrikation entsprechen. Aus verschiedenen Rollen zu entnehmen.	
k) der Abnutzbarkeit	2 Proben von je 50 qcm Fläche	2 Würfel mit 7 cm Seite, wie oben unter a angegeben bearbeitet	

Es empfiehlt sich, daß bei Ziegel- oder anderen künstlichen Steinen, Thonröhren und Dachpappen der Fabrikant genannt, bei Bruchsteinen der Steinbruch, dem sie entnommen sind, angegeben wird. Wenn die Antragsteller Private sind, so ist es zweckmäßig, die Proben unter Begleitung eines Ursprungszeugnisses einzusenden. Die Ursprungszeugnisse können vom Ortsvorstand oder einem anderen ein Dienstsiegel führenden Beamten ausgestellt sein.

Sollen andere als die oben bezeichneten Versuche ausgeführt werden, so empfiehlt es sich, vor Herstellung der Proben Vereinbarung mit der Versuchsanstalt zu treffen.

2. Für Cementprüfungen.

Zu den unter Absatz B S. 66 der nachstehenden Gebührenordnung angegebenen umfangreichen Cementuntersuchungen, sind 2 Tonnen Cement einzusenden; dagegen genügen zu den unter Ansatz 230 bis 232, 236 bis 239 und 247 angegebenen Cementprüfungen für jede Mörtelmischung und Altersklasse 10 kg des betreffenden Cements.

Unter dem 28. Juli 1887 hat der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten die aus der Revision der Normen vom 12. November 1878 hervorgegangenen neuen Normen zur einheitlichen Lieferung und Prüfung von Portlandcement den sämmtlichen Königlichen Regierungen, Landdrosteien, Baubehörden u. s. w. zur Beachtung zugehen lassen. Diese neuen Normen bilden die Grundlage für alle Cementprüfungen in der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Unter dem 16. August 1880 hat der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten durch Zirkularerlaß an sämmtliche Königlichen Regierungen, Landdrosteien, Strombaudirektionen, Oberbergämter und Baubehörden die Königliche Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin (jetzt Abtheilung für Baumaterialprüfung) als diejenige Instanz bestimmt, welche Streitigkeiten zwischen Baubeamten und Cementfabrikanten über die Güte gelieferter Cemente entscheiden soll. Dieser Vorschrift hat sich unter dem 25. September 1880 auch der Herr Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten bezüglich der seinem Ressort unterstehenden Behörden angeschlossen.

C. Für die Abtheilung für Papierprüfung.[1])

1. Für vollständige Papieruntersuchungen, welche nach den Vorschriften des Königlichen Staatsministeriums die Prüfungen

auf Zerreißungsfestigkeit und Dehnung nach zwei Richtungen,
auf Widerstandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben,
auf Bestimmung des Aschengehalts nach Gewicht,
auf qualitative Untersuchung auf Holzschliff,
auf mikroskopische Untersuchung der im Papier enthaltenen Fasern und anderen Stoffe,
auf Leimung

umfassen müssen, sind nicht weniger als 10 Bogen, mindestens von der Größe des Kanzleipapiers (33 cm Länge, 21 cm Breite) einzusenden, welche **unbeschrieben und frei von schadhaften Stellen, Rissen und Kniffen** sein müssen. Zur Vermeidung von Verzögerungen wird im eigenen Interesse der Antragsteller dringend empfohlen, **die Papierproben zwischen zwei steifen Pappdeckeln zu versenden**, damit sie beim Transport durch Poststempel u. s. w. nicht leiden.

Nur bei Papieren, deren Verwendung in kleinerem Formate üblich ist, wird eine von den erwähnten Maßen abweichende Größe zur Prüfung auf Festigkeit zugelassen, doch ist in diesem Falle eine entsprechend größere Anzahl Bogen einzusenden. Für Prüfungen ohne Ermittelung der Zerreißungsfestigkeit reichen im Nothfalle geringere Probemengen aus, doch wird empfohlen, auch hier, wenn es möglich ist, wenigstens 5 Probebogen zur Vorlage zu bringen.

2. Für Stoffprüfungen (Segeltuche, Pläne, Bekleidungsstoffe u. s. w.) sind, falls auch Festigkeitsversuche ausgeführt werden sollen, 2 laufende Meter einzusenden; für andere Prüfungen reicht eine geringere Probenmenge aus.

3. Für Garnprüfungen sind mindestens 50 laufende Meter, möglichst von verschiedenen Spulen oder Docken entnommen, vorzulegen.

D. Abtheilung für Oelprüfung.[2])

1. Für die Feststellung einzelner Eigenschaften ist je 1 Liter oder 1 kg, für eine umfassende Prüfung sind 2 Liter oder 2 kg erforderlich. Die Proben müssen als gute Durchschnittsproben entnommen sein und sind möglichst in einem einzelnen gut getrockneten und gereinigten Gefäß (am besten aus Glas) einzusenden. Es empfiehlt sich die Gefäßöffnung gut zu verbinden und zu versiegeln.

Nur ausnahmsweise können mehrere Gefäße oder kleinere Probemengen zugelassen werden.

2. Um Rückfragen und Verzögerungen zu vermeiden, muß der Prüfungsantrag genau die Satznummern der Gebührenordnung (siehe Absatz 5 D S. 69) enthalten, nach denen geprüft werden soll.

---

[1]) Kosten der Prüfungen siehe Ansätze 300—323.

[2]) Kosten der Prüfungen siehe Ansätze 400—419.

Insbesondere ist anzugeben, bei welchen Wärmegraden der Flüssigkeitsgrad bestimmt werden soll; ob in Benzin unlösliche Stoffe, Wasser u. s. w. auch ihrer Menge nach festgestellt werden sollen u. s. w.

3. Wenn vom Antragsteller die Verfahren, die bei der Prüfung benutzt werden sollen nicht vorgeschrieben werden, so wendet die Versuchsanstalt die ihr bekannten besten Verfahren an; insbesondere nimmt sie die Flammpunktsbestimmungen im geschlossenen Pensky-Martensschen Flammpunktsprüfer vor. Die benutzten Verfahren werden in der Prüfungsbescheinigung angegeben.

4. Sollen Proben nach bestimmten Lieferungsbedingungen oder nach genau vorgeschriebenen Verfahren untersucht werden, so sind die vollständigen Vorschriften hierüber in zwei Abschriften dem Antrage beizufügen.

V. Gebührenordnung.

Zur Vermeidung von Verzögerungen ist es dringend zu empfehlen, in den schriftlich zu stellenden Anträgen genau die einzelnen Ansätze dieser Gebührenordnung zu bezeichnen, nach denen die Prüfungen vorgenommen werden sollen.

A. Konstruktionsmaterialien. [1])

Für Versuche mit zusammengesetzten Konstruktionstheilen oder Körper von außergewöhnlichen Formen sind über die Gebührensätze besondere Vereinbarungen zu treffen, die der Genehmigung der Königlichen Aufsichtskommission unterliegen.

Für die Prüfung von Körpern der nachgenannten Arten sind in den folgenden Tabellen neben den fettgedruckten Ansatznummern die zu zahlenden Beträge angegeben. Diese Beträge sind abhängig gemacht von der Anzahl der gleichzeitig auszuführenden Versuche mit gleichem Material und gleicher oder nicht wesentlich verschiedener Probenform.

---

[1]) Ueber Form, Größe und Zahl der Proben siehe Seite 51 Absatz A.

Tabelle 1. Die Beträge gelten jedesmal für einen Versuch.

Höchste Belastung (angenähert):			30 000 kg		100 000 kg		500 000 kg	
Art der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Zugversuche und Druckversuche	mit Feinmessungen; bestimmt werden: Proportionalitäts-, Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	1	10	2	12	3	30
		3 u. 4	4	8	5	10	6	25
		5 u. mehr	7	6	8	8	9	22,5
Zugversuche und Druckversuche	ohne Feinmessungen; bestimmt werden: Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	10	8	11	10	12	25
		3 u. 4	13	6	14	8	15	22,5
		5 u. mehr	16	5	17	6	18	20
Knickversuche und Biegeversuche	mit Feinmessungen; bestimmt werden: Proportionalitäts-, Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	19	15	20	18	21	40
		3 u. 4	22	13	23	16	24	37,5
		5 u. mehr	25	12	26	14	27	35
Knickversuche und Biegeversuche	ohne Feinmessungen; bestimmt werden: Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	28	10	29	12	30	30
		3 u. 4	31	8	32	10	33	25
		5 u. mehr	34	6	35	8	36	22,5
Scheerversuche und Lochversuche	ohne Feinmessungen; bestimmt wird die Bruchgrenze.	1 u. 2	37	5	38	10	39	Nach Vereinbarung
		3 u. 4	40	4	41	8	42	
		5 u. mehr	43	3	44	6	45	

Erläuterungen zu Tab. 1.

Zugversuche mit einfach geformten Probekörpern beliebigen Querschnittes, deren Köpfe zu den vorhandenen Einspannvorrichtungen passen, oder mit Gewinden und Muttern versehen sind.

Druckversuche mit Würfeln, Cylindern oder prismatischen Körpern mit ebenen, parallelen Endflächen, deren Länge geringer als die fünffache Seitenlänge des auf ein Quadrat zurückgeführten Querschnittes ist ($l < 5\sqrt{f}$).

Knickversuche mit Körpern von anderem Längenverhältniß und von beliebigem Querschnitt (Säulen, Streben u. s. w.).

Scheerversuche und Lochversuche an Körpern von den unter Absatz 8 und 9 S. 54 angegebenen Abmessungen.

Tabelle 2. Die Beträge gelten jedesmal für einen Versuch.

Höchstes Drehmoment (angenähert):			500 000 cm/kg		2 200 000 cm/kg	
Art der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Drehversuche	mit Feinmessungen; bestimmt werden: Proportionalitäts-, Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	46	15	47	30
		3 u. 4	48	12	49	25
		5 u. mehr	50	10	51	22,5
Drehversuche	ohne Feinmessungen; bestimmt werden: Streck- und Bruchgrenze und die Formänderungen hierfür.	1 u. 2	52	13	53	25
		3 u. 4	54	10	55	20
		5 u. mehr	56	8	57	17,5

Tabelle 3. Die Beträge gelten jedesmal für einen Versuch.

Benutzte Maschine:			Kleines Schlagwerk		Großes Schlagwerk	
Art der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Stauchversuche . .	mit den unter IVA Absatz 15a S. 54 aufgeführten Körpern in mindestens 5 Versuchen.	5 u. mehr	58	3	59	5
Zugversuche, Biegeversuche oder Durchbeulungsversuche	wie unter IVA Absatz 15b, c u. d S. 54 vorgesehen.	1 u. 2	60	10	61	15
		3 u. 4	62	8	63	13
		5 u. mehr	64	6	65	12
Scheerversuche oder Lochversuche	wie unter IVA Absatz 15e S. 55 vorgesehen	—	66	nach Vereinbarung.		

Tabelle 4. Die Beträge gelten für die jedesmal angegebene Zahl der Versuche.

Art der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Technologische Proben:	mit Körpern von den in IVA Absatz 12 und 13 S. 54 gegebenen Abmessungen; Biegegröße, Biegewinkel, Ausbreitung wird bestimmt.			
Biegeproben . . .	Einzelversuche der nachgenannten Arten	1	67	6
	Bei Ausführung vollständiger Prüfungen und zwar:			
Kaltbiegeproben . .	im Anlieferungszustande, ausgeglüht und abgeschreckt; je 2 Versuche	6	68	12
Blaubruchproben und Rothbruchproben	in je 2 Versuchen	4	69	10
	Die zu Ansatz 68 und 69 angeführten Versuche gleichzeitig beantragt	10	70	18
Verletzte Proben . .	Proben eingekerbt, gelocht, gebohrt, aufgerieben, geglüht u. s. w. nach Angabe des Antrages, für je 3 zu den Ansätzen 68, 69 oder 70 hinzukommende Versuche	3	71	6
Ausbreiteproben . .	4 Versuche (je 2 in Längs- und je 2 in Querrichtung) .	4	72	12
Loch-, Schmiede- oder Schweißproben	für je 4 weiter hinzukommende Versuche in den unter Ansätze 68 und 69 angedeuteten Zuständen	4	73	10
	für je 2 gleiche Versuche	2	74	6
	für je 2 gleiche als Ergänzung zu Ansatz 68, 69, 70 beantragte Versuche	2	75	4
Ritzversuche . .	Bestimmung der Ritzhärte eines Materiales mit dem Härteprüfer von Martens	1	76	20
Spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Dichtigkeitsgrad	Bestimmung einer der drei Eigenschaften	1	77	6
Wasserdruckproben .	Versuche auf inneren Druck an Röhren, Kesseln, Gasflaschen, Preßcylindern, Waffen u. s. w.	1	78	5—15

Tabelle 5. Die Beträge gelten für die jedesmal angegebene Zahl der Versuche.

Höchste Belastung (angenähert):		30 000 kg		100 000 kg		500 000 kg	
Art der Versuche	Versuchsausführung	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Zugversuche bei niederen oder hohen Wärmegraden	mit Feinmessungen:						
	für jede Wärmestufe mindestens 2 Versuche	79	35	—	—	—	—
	für jeden ferneren Versuch . .	80	15	—	—	—	—
Zugversuche . . .	mit 2 Proben von dem gleichen Stück aus Seilen, Riemen, Gurten und ähnlichen aus Drähten, Faserstoffen, Leder u. s. w. hergestellten Gegenständen	81	12	82	16	83	40
	für jeden weiteren Versuch . .	84	5	85	7	86	17,5
Zugversuche . . .	mit 2 Proben von dem gleichen Stück aus dünnen Seilen, Schnüren, Litzen, Drähten, Fäden und ähnlichen Gegenständen	87	6	—	—	—	—
	für jeden weiteren Versuch . .	88	2	—	—	—	—
Zug-, Biege- und Drehversuche	mit Drähten:						
	mit 3 × 2 Versuchen	89	10	—	—	—	—
	für jeden weiteren Versuch . .	90	1,5	—	—	—	—
Zug-, Biege- und Drehversuche	mit einem Drahtseil und dessen Drähten und zwar:						
	2 Zugversuche mit dem Seil und dazu Versuche an je 5 Drähten auf Zug, Biegung und Drehung	91	30	92	40	93	55
	für jeden weiteren Zugversuch mit dem Seil	94	5	95	7	96	17,5
	für je einen ferneren Draht auf Zug, Biegung und Drehung .	97	5	—	—	—	—
Zugversuche . . .	mit einem Seil aus Faserstoffen und dessen Garnen:						
	2 Zugversuche mit dem Seil und 10 mit den Garnen . . .	98	18	99	25	—	—
	für jeden weiteren Zugversuch mit dem Seil	100	5	101	7	—	—
	für je 10 weitere Zugversuche mit den Garnen	102	5	—	—	—	—

Tabelle 6. Die Beträge gelten für die jedesmal angegebene Zahl der Versuche.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Vollständige Prüfung von gegossenen Metallen	Für eine vollständige Prüfung von Gußeisen, Legirungen u. s. w.:			
	3 Biegeversuche mit Stäben von 1100 × 30 × 30 mm, 6 Zugversuche mit Normalrundstäben (2 mit, 4 ohne Feinmessungen), 6 Druckversuche und 6 Stauchversuche mit Würfeln von 25 oder 30 mm Seitenlänge . . .	21	103	75

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Normalkupferkörper	Zur Feststellung der Wirkungsgröße eines Schlagwerkes können Kupfercylinder benutzt werden. Die Versuchsanstalt giebt hierzu geeignete Normalkupferkörper (l = d) nebst den Abschriften der Prüfungsbescheinigungen zu folgenden Bedingungen ab:			
	für je einen Normalkörper v. 53,5 mm Durchm., nebst Zeugniß	1	104	30
	bei Entnahme von mehr als 4 Körpern von 53,5 mm Durchm. für jeden	1	105	20
	für je einen Normalkörper v. 15,0 mm Durchm., nebst Zeugniß	1	106	6
	bei Entnahme von mehr als 4 Körpern von 15,0 mm Durchm. für jeden	1	107	4
Maschinen und Vorrichtungen	Die Untersuchungen von Maschinen und Vorrichtungen zur Prüfung der Festigkeit und anderer Eigenschaften der Materialien können auf die Prüfung ganzer Maschinen und Vorrichtungen, auf die Nachprüfung der wesentlichen Theile bereits geprüfter Maschinen (Wage, Uebersetzungsverhältniß der Hebel, Längenmeßvorrichtung u. s. w.), sowie auf die erste Prüfung einzelner Bestandtheile (Wage, Meßvorrichtung u. s. w.) erstreckt werden	—	108	Nach Vereinbarung
Mikroskopische Untersuchung, Herstellung von Schliffen, Aetzungen und Bildern	Für die Herstellung von Schliffen und Aetzungen von Metallen, für deren mikroskopische Untersuchung und Wiedergabe der mikroskopischen Bilder werden berechnet, wenn die Stücke genügend hergerichtet sind:			
	Für Schliffe von nicht mehr als 2 qcm Fläche, für das Schleifen, Poliren, Aetzen und, wenn nöthig, Anlassen:			
	bei weichem Material für jedes Stück	1	109	5
	bei hartem Material für jedes Stück	1	110	4
	Für größere Flächen, oder wenn kleine Flächen an großen Stücken unbequem zu schleifen sind, nach der aufgewendet. Zeit:			
	bei Flächen bis zu 50 qcm, für jedes qcm	—	111	0,5—5
	bei Flächen über 50 qcm, für jedes qcm	—	112	0,1—3
	Im letzteren Falle wird die Aetzung tief, für makroskopische Betrachtung ausgeführt, wenn nicht anders beantragt. Wird eine besondere Herrichtung der Probestücke erforderlich, so werden hierfür die Selbstkosten in Rechnung gestellt.			
	Für die mikroskopische Untersuchung (Beschreibung und Erläuterung durch Skizzen) von fremden oder in der Versuchsanstalt hergestellten Schliffen	—	113	Nach Vereinbarung
	Für die Herstellung einer Zeichnung (Strich- oder Tuschzeichnung) eines mikroskopischen Bildes bis zu 1000facher Linearvergrößerung	1	114	15—30
	eines mikroskopischen Bildes gleicher Vergrößerung in Farben	1	115	20—50
	Für eine mikrophotographische Aufnahme bis zu 1000facher linearer Vergrößerung:			
	für das erste Bild	1	116	15
	für fünf weitere Abzüge	5	117	10
	für je einen ferneren Abzug	1	118	1
Photographieen . .	Für die Herstellung von photographischen Aufnahmen von Prüfungsgegenständen, von erzielten Formänderungen und Zerstörungen, oder von den bei den Versuchen getroffenen besonderen Vorkehrungen:			
	für die Aufnahme und das erste Bild	1	119	10
	für fünf weitere Abzüge	5	120	10
	für je einen ferneren Abzug	1	121	1

Bei großen Aufträgen, die mehr als 200 Mark Gebühren umfassen, können für die Ansätze 1 bis 121 Preisermäßigungen gewährt werden. (Vergl. S. 70 Ansätze 500 und 501.)

B. Künstliche und natürliche Steine, Bindemittel und Mörtel.[1])

Für die Prüfung gebrannter und ungebrannter Steine, Röhren u. s. w., sowie für die Untersuchung von Bruchsteinen, Bindemitteln und Mörteln werden folgende Gebührenbeträge erhoben.

Tabelle 7. Die Beträge gelten für die jedesmal angegebene Zahl der Versuche zum gleichen Antrage.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
	Steine.			
Spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Dichtigkeitsgrad, Gefügebeschaffenheit	Bestimmung des spezifischen Gewichtes s am pulverförmigen Material, sowie des Raumgewichtes r und des Dichtigkeitsgrades r/s am Steinkörper und die Beschreibung des Bruchgefüges einer Steingattung	—	**200**	18
Härtegrad	Bestimmung des Härtegrades an künstlichen Steinen	—	**201**	4
Wasseraufnahme . .	Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens einer Steingattung	10	**202**	18
Wasserdurchlässigkeit	Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit einer Steingattung . .	5	**203**	15
Druckfestigkeit . . .	Prüfung der Druckfestigkeit in je 10 Versuchen:			
	für eine Steingattung und einen Zustand	10	**204**	18
	für die zweite und dritte Steingattung (oder Zustand) . .	10	**205**	15
	für jede weitere Steingattung (oder Zustand)	10	**206**	12
	Zustände: trocken, wassersatt (nach der Frostwirkung oder nach der Feuerwirkung, vergl. 207 und 209)			
Frostwirkung . . .	Bestimmung der Frostwirkung auf eine Steingattung bei 25 mal wiederholtem Gefrierenlassen der wassersatten Steine durch Feststellung der äußeren Beschaffenheit	10	**207**	18
	Bestimmung der Frostwirkung, wie unter Ansatz 207 und anschließende Druckversuche im lufttrockenen Zustande nach Ansatz 206	—	**208**	30
	NB. Druckversuche nach der Frostwirkung, mit wassersatten Proben ausgeführt, werden nach Ansatz 204 bis 206 berechnet.			
Feuerwirkung . .	Bestimmung der Feuerwirkung durch Glühen und darauffolgendes schnelles Abschrecken in Wasser oder langsames Abkühlen an der Luft unter Feststellung der äußeren Beschaffenheit und des Verlustes	10	**209**	18
	Bestimmung der Feuerwirkung, wie unter Ansatz 209 und anschließende Druckversuche im lufttrockenen Zustande nach Ansatz 206	—	**210**	30
	NB. Druckversuche nach Feuerwirkung, mit wassersatten Proben ausgeführt, werden nach Ansatz 204 bis 206 berechnet.			
Biegefestigkeit . .	Bestimmung der Biegefestigkeit einer Steingattung an einfachen prismatischen Körpern und Dachziegeln	10	**211**	18
	für die zweite und dritte Steingattung	10	**212**	15
	für jede weitere Steingattung	10	**213**	12
	NB. Für außergewöhnliche Formen und große Körper kommen die Ansätze S. 60, Nr. 20 bis 36 zur Anwendung.			
Stoßfestigkeit . . .	Für die Bestimmung des Widerstandes gegen Stoßwirkung an Dachziegeln, Glas-, Dielen- und Belagplatten:			
	für jede Steingattung	10	**214**	24
Abnutzbarkeit . . .	Prüfung der Abnutzbarkeit am Pflasterungsmaterial für jede Gattung an zwei Probestücken	2	**215**	18
Chemische und physikalische Prüfungen	Prüfung auf lösliche Bestandtheile und sonstige chemische und physikalische Untersuchungen je nach dem Umfange	—	**216**	5—100

[1]) Ueber Form und Zahl der einzusendenden Probestücke siehe Seite 55 Absatz B.

Fortsetzung.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Röhren	Prüfung von Thon- und Cementröhren auf inneren Druck in zwei Versuchen mit gleichen Probekörpern	2	217	20
	für jeden Kontrolversuch	1	218	6
	Prüfung von Thon- und Cementröhren auf Druck von außen zwischen ebenen Flächen in zwei Versuchen mit gleichen Probekörpern	2	219	20
	für jeden Kontrolversuch	1	220	6
Dachziegel, vollständige Prüfung	Umfangreiche Prüfung von Dachziegeln auf ihre Verwendbarkeit als Baumaterial: Allgemeine Eigenschaften, Wasseraufnahme, Wasserdurchlässigkeit, lösliche Bestandtheile, Frostwirkung, Biegungsfestigkeit, Stoßfestigkeit. Wird unter Benutzung der Ansätze 200 bis 216 berechnet.			
Ziegel und künstliche Steine, vollständige Prüfung	Umfangreiche Prüfung von Ziegeln auf ihre Verwendbarkeit als Baumaterial: Allgemeine Eigenschaften, Wasseraufnahme, Wasserdurchlässigkeit, lösliche Bestandtheile, Druckfestigkeit im lufttrockenen und wassersatten Zustande, Frostwirkung, Feuerwirkung, Biegefestigkeit, Abnutzbarkeit (wenn sie als Pflastermaterial benutzt werden), chemisch-physikalische Untersuchung des ungebrannten Steines. Wird unter Benutzung der Ansätze 200 bis 216 berechnet.			
Bruchsteine, vollständige Prüfung	Umfangreiche Prüfung von Bruchsteinen auf ihre Verwendbarkeit als Baumaterial: Allgemeine Eigenschaften, Wasseraufnahme, lösliche Bestandtheile, Druckfestigkeit an Platten, Würfeln (lufttrocken und wassersatt) und Prismen, Biegungsfestigkeit an Prismen, Zugfestigkeit, Frostwirkung, Feuerwirkung, Polurfähigkeit, chemisch-physikalische Untersuchung. Wird unter Benutzung der Ansätze 200 bis 216 berechnet.			
Feuerfestes Material	Prüfung auf Feuerbeständigkeit des Materiales durch Schmelzversuche im Vergleich mit Segerschen Kegeln . . . . . NB. Die sonstigen Prüfungen mit feuerfestem Material werden nach den Ansätzen 200 bis 216 berechnet.	5	221	30
Prüfung von Konstruktionstheilen	Festigkeitsuntersuchungen an sehr großen Stücken, als Materkörpern, Steinsäulen, Pfeilern oder anderen Baugliedern (mit und ohne Bestimmung der elastischen Formänderungen), können an Stücken bis zu 17 m Länge, 0,75 m Durchmesser und 500 000 kg Belastung nach Absatz A (Ansätze 1 bis 45 u. s. w.) ausgeführt werden.			
Probenbearbeitung .	Herstellung von je einem Bruchsteinwürfel für Druckproben.			
	aus Granit, Grauwacke, Basalt, Porphyr und ähnlichen Gesteinen:			
	für Würfel von 4 cm Seite	1	222	3,00
	„ „ „ 5 „ „	1	223	3,50
	„ „ „ 6 „ „	1	224	4,50
	„ „ „ 7,1 „ „	1	225	8,50
	aus Sandstein:			
	für Würfel von 6 cm Seite	1	226	3,00
	„ „ „ 7,1 „ „	1	227	7,00
	für Zerschneiden und Vorbereitung der Ziegel je . . .	1	228	0,50
	Zurichtung eingesendeter Proben (auf der Diamanthobelmaschine durch Schleifen u. a. m.)	1	229	1,00

Fortsetzung.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
	Bindemittel. Cement oder Cementmörtel. (Die Ansätze gelten einschließlich Probenanfertigung.)			
Beschaffenheit, spezifisches Gewicht, Raumgewichte, Mahlungsfeinheit, Glühverlust	Feststellung der äußeren Beschaffenheit, des spezifischen Gewichtes, des Litergewichtes eingelaufen und eingerüttelt, der Feinheit der Mahlung und des Gewichtsverlustes beim Glühen . .	—	230	18
Bindeverhältnisse .	Bestimmung des Erhärtungsbeginnes, der Bindezeit und der Wärmeerhöhung	—	231	6
Volumenbeständigkeit	Prüfung auf Raumbeständigkeit, Kuchen-, Darr- und Kochprobe	—	232	12
Längenänderung . .	Feststellung der Längenänderungen an fünf prismatischen Körpern in fünf Altersklassen beim Erhärten an der Luft oder unter Wasser für jeden Zustand	25	233	30
Wärmeausdehnung .	Feststellung der Längenänderung für etwa -18, $+20$ und $+40$ C°:			
	an fünf kleinen, prismatischen Körpern einer Mischung .	15	234	30
	an fünf großen Betonkörpern ($20 \times 20 \times 80$ cm) einer Mischung	15	235	60
Festigkeit	Prüfung auf Zug- und Druckfestigkeit an je zehn Körpern für jede Altersklasse bei Erhärtung an der Luft oder unter Wasser:			
Eigenfestigkeit . .	Bestimmung der Eigenfestigkeit des reinen Cementes . .	20	236	30
Sandfestigkeit . .	Bestimmung der Sandfestigkeit mit Normalsand oder dem eingesendeten Bausand, für jede Sandmischung . . .	20	237	30
Fugenfestigkeit . .	Bestimmung der Fugenfestigkeit durch Druckversuche . .	10	238	18
Haftfestigkeit . . .	Bestimmung der Haftfestigkeit durch Zugversuche . . .	10	239	18
Mörtelergiebigkeit .	Feststellung der Mörtelergiebigkeit durch mörtelgerechtes Anmachen des Bindemittels mit Bau- oder Normalsand in verschiedenen Mischungsverhältnissen, für die Herstellung von fünf Mischungen .	5	240	18
Putzversuche . . .	Feststellung der Verputzfähigkeit	—	241	12
Wasserdichtigkeit . .	Prüfung auf Wasserdurchlässigkeit für jede Mischung und Altersklasse	5	242	12
Frostwirkung . . .	Die Prüfungen finden nach Ansatz 207 und 208 statt.			
Betonuntersuchung .	Prüfung von Betonproben für je fünf Versuche einer Mischung und Altersklasse und für eine Erhärtungsart.			
	Feststellung der:			
	Druckfestigkeit an Würfeln von 20 cm Seite mit Bestimmung der elastischen Formänderung	5	243	50
	Druckfestigkeit ohne die elastische Formänderung . . .	5	244	40
	Zugversuche an Körpern von 400 qcm Fläche mit Bestimmung der elastischen Formänderung	5	245	45
	Zugversuche ohne die elastische Formänderung . . .	5	246	35
	Für größere Probenabmessungen treten besondere Vereinbarungen ein.			
Chemische und physikalische Prüfungen	Quantitative Analyse und sonstige chemische und physikalische Untersuchungen je nach Umfang	—	247	5—100
Umfangreiche Prüfungen	Für umfangreiche Prüfungen kommen die Preisermäßigungen nach den Ansätzen 500 und 501 in Anwendung, wenn die dort angegebenen Beträge erreicht sind. Der Plan für die umfangreiche Prüfung ist besonders zu vereinbaren.			

Fortsetzung.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
	Bindemittel. Kalk oder Kalkmörtel. (Die Ansätze gelten einschließlich Probenanfertigung.)			
Beschaffenheit, spezifisches Gewicht, Raumgewichte, Ablöschversuche, Wärmeerhöhung, Ergiebigkeit	Feststellung der äußeren Beschaffenheit, der Einheitsgewichte des eingelieferten und abgelöschten Materiales, des Löschbeginnes und -endes, der Wärmeerhöhung, der Ausgiebigkeit und des Glühverlustes	—	248	24
Baumörtel und Putzversuch	Herstellung von zum Gebrauch geeigneten Baumörteln, Versuche über die Fugenbehandlung und Putzversuche	—	249	20
Festigkeit	Prüfung von Mörteln aus Kalkbrei oder aus pulverförmigem Kalkhydrat und Sand (Normalsand oder Bausand). Zug- und Druckversuche mit je zehn Probekörpern; für jede Altersklasse, Mörtelmischung und Erhärtungsart	20	250	40
Frostwirkung . . .	Bestimmung der Frostwirkung auf eine Mörtelgattung und Altersstufe bei 25 mal wiederholtem Gefrierenlassen der wassersatten Proben durch Feststellung der äußeren Beschaffenheit . . .	10	251	24
	Bestimmung der Frostwirkung wie unter Ansatz 251 und anschließend Druckversuche oder Zugversuche nach der Frostwirkung, mit lufttrockenen Proben ausgeführt	—	252	48
Chemische und physikalische Prüfungen	Quantitative Analyse und sonstige chemische und physikalische Untersuchungen je nach Umfang	—	253	5—100
Umfangreiche Prüfungen	Für umfangreiche Prüfungen kommen die Preisermäßigungen nach den Ansätzen 500 und 501 in Anwendung, wenn die dort angegebenen Beträge erreicht sind.			
Traß oder Traßmörtel	Traß oder Traßmörtel. Für die Untersuchung von Traß oder Traßmörteln kommen die entsprechenden Ansätze von Nr. 248 bis 253 zur Anwendung.			
Dachpappen u. s. w.	**Dachpappen u. s. w.**			
	Prüfung auf Zugfestigkeit und Dehnung in je 5 Versuchen längs und quer	10	254	24
	Prüfung auf Druckfestigung bei Auflagerung im Rahmen und Beanspruchung in der Mitte für je 10 Versuche	10	255	18
	Prüfung auf Stoßfestigkeit unter den gleichen Umständen für je 10 Versuche	10	256	18
	Wasserdurchlässigkeit nach Ansatz 242	—	—	—
	Für umfangreiche Prüfungen nach den Ansätzen 254 bis 256 im Anlieferungs-, feuchten und wieder getrocknetem Zustande für jeden Zustand	—	257	50

Bei großen Aufträgen, die mehr als 200 Mark Gebühren umfassen, können für die Ansätze 200 bis 257 Preisermäßigungen gewährt werden. (Vergl. S. 70, Ansätze 500 und 501.)

C. Papier- und Stoff-Prüfungen.[1])

Tabelle 8. Die Beträge gelten für die Prüfung eines Papiers oder Stoffes.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
	Papierprüfung.			
Festigkeit	Prüfung der Festigkeit und Dehnung nach 2 Richtungen in je 5 Versuchen	10	300	10
Zerknittern . . .	Prüfung auf Widerstand gegen Zerknittern	—	301	2
Aschengehalt . . .	Bestimmung des Aschengehaltes in Prozenten	—	302	3
	Desgleichen mit Prüfung der qualitativen Zusammensetzung der Asche	—	303	10
	Desgleichen mit Prüfung der quantitativen Zusammensetzung der Asche	—	304	50
Dicke und Gewicht .	Messung der Papierdicke und Bestimmung des Gewichtes für das Quadratmeter	—	305	2
Holzschliff	Untersuchung auf das Vorhandensein verholzter Fasern . . .	—	306	1
	Desgleichen mit Bestimmung der Art der verholzten Fasern	—	307	2
	Schätzung der Menge des Holzschliffes nach der Methode von Herzberg	—	308	5
Faserarten . . .	Mikroskopische Feststellung der im Papier enthaltenen Faserarten	—	309	5
	Schätzung des Mengenverhältnisses der einzelnen Faserarten	—	310	10
Chemische Zusammensetzung	Chemische Untersuchung des Papiers auf Farbstoff, Leimung, Gehalt an freier Säure, Chlor u. s. w., je nach dem Umfange der verlangten Untersuchung	—	311	5—50
	Desgleichen, quantitativ	—	312	10 bis 100
Vollständige Untersuchung	Die vollständige Untersuchung eines Papiers auf Festigkeit, Dehnung, Widerstand gegen Zerknittern, Bestimmung des Aschengehaltes, mikroskopische Untersuchung und Leimfestigkeit	—	313	20
	Stoffprüfung.			
Festigkeit	Prüfung der Festigkeit und Dehnung von Zeugstoffen nach Kette und Schuß in je 3 Versuchen	6	314	12
	Prüfung von Fäden auf Zugfestigkeit und Dehnung in 10 Versuchen, mit Bestimmung der Feinheitsnummer und Drehungszahl	10	315	10
Aschengehalt . . .	Bestimmung des Aschengehaltes	—	316	3
Faserart	Bestimmung der Faserart in Schuß und Kette	—	317	5
Fadenzahl	Bestimmung der Fadenzahl auf 1 cm in Schuß- und Kettenrichtung	—	318	2
Fadenstellung . .	Bestimmung der Fadenstellung	—	319	2
Schlichte, Farbe, Wasserdurchlässigkeit u. s. w.	Untersuchung des Stoffes auf Schlichte, Stärke, Farbe, Wasserdurchlässigkeit u. s. w. je nach dem Umfange der gewünschten Prüfung	—	320	3—50
Vollständige Untersuchung	Die vollständige Untersuchung eines Stoffes nach den Ansätzen [illegible]	—	321	20
	Desgleichen einschließlich der Untersuchung der Schuß- und Kettenfäden in je 3 Versuchen nach Ansatz [illegible] . . .	—	322	26

[illegible] Gebühren umfassen, können für die Ansätze [illegible] (Vergl. S. [illegible], Ansätze 500 und 501.)

[1]) Über Form und Zahl der [illegible] Proben siehe Seite [illegible] Absatz C.

D. Oel- und Fett-Prüfungen.[1])

Tabelle 9.

Gegenstand der Versuche	Versuchsausführung	Zahl der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag Mk.
Beschaffenheit . .	Angabe der äußeren Beschaffenheit (Farbe, Durchsicht, Fluorescenz, Geruch, Zustand)	—	400	2
Spezifisches Gewicht	Bestimmung des spezifischen Gewichtes	—	401	4
Ausdehnungsvermögen	Bestimmung des Ausdehnungsvermögens beim Erwärmen, je nach Umfang der Versuche	—	402	6—20
Flüssigkeitsgrad . .	Bestimmung des Flüssigkeitsgrades nach Engler für je einen Wärmegrad	—	403	3
	für vier Wärmegrade zwischen 20 und 50 C° (Maschinenöle) oder zwischen 100 und 180 C° (Cylinderöle) . .	—	404	8
Kälteprobe . . .	Bestimmung des Fließvermögens in der Kälte für je einen Wärmegrad	—	405	3
	Umfassende Untersuchung des Gefriervermögens	—	406	6
Reibungsversuch . .	Bestimmung der Reibungszahlen auf der Oelprobirmaschine . .	—	407	20
Fließpunkt . . .	Bestimmung des Fließpunktes bei Fetten	—	408	3
Flammpunkt . . .	Bestimmung des Flammpunktes nach Abel, Pensky-Martens oder im offenen Gefäß	—	409	3
Zündpunkt . . .	Bestimmung des Zündpunktes	—	410	2
Säuregehalt . . .	Qualitative oder quantitative Bestimmung des Säuregehaltes eines			
	Maschinen- oder Cylinderöles	—	411	2
	Fettes	—	412	3
Chemische Prüfung .	Einfache qualitative chemische Prüfungen auf Gegenwart von fremden Zusätzen oder Verunreinigungen wie: Mineralöl, Harzöl, fettes Oel, Wasser, Harz, in Benzol oder Benzin unlösliche Stoffe u. s. w.	—	413	2—10
Destillation . . .	Fraktionirte Destillation leicht siedender Mineralöle	—	414	6
Vollständige Untersuchungen	Vollständige Untersuchung eines fetten Oeles auf Reinheit . .	—	415	20—30
	Untersuchung eines Oeles nach den Ansätzen: 400, 401, 404, 406, 407, 409, 410, 411 und 413	—	416	35
	Untersuchung eines Oeles nach den Ansätzen: 400, 401, 403, 405, 409, 411 und 413 entsprechend den Vorschriften der preußischen Staatseisenbahnen	—	417	25
Sonstige Untersuchungen	Sonstige Untersuchungen von Schmiermitteln: Nachweis von Entscheinungs- und Parfümirungsstoffen, Glycerin, Erdwachs u. s. w., der Zersetzlichkeit durch gespannten Wasserdampf unter Berücksichtigung des Angriffsvermögens auf Metalle (Dampfcylinder)	—	418	Nach Vereinbarung
	Untersuchung von anderen Oelen und Einfettungsmitteln für Metalle u. s. w., soweit sie nicht unter die vorstehenden Ansätze fallen	—	419	Nach Vereinbarung

Bei großen Aufträgen, die mehr als 200 Mark Gebühren umfassen, können für die Ansätze 400 bis 419 Preisermäßigungen gewährt werden. (Vergl. S. 70, Ansätze 500 und 501.)

[1]) Ueber Art und Menge des einzusendenden Probematerials siehe Seite 58 Absatz D.

Preisermäßigungen.

Bei Vorauszahlung der folgenden Summen können für alle im Laufe eines Jahres (gerechnet vom Tage des Antrages) beantragten Prüfungen Ermäßigungen gewährt werden, und zwar:

bei Vorauszahlung von 200 Mk: Ansatz **500** = 10 %
bei Vorauszahlung von 500 Mk: Ansatz **501** = 20 %.

Wenn die ermäßigten Gebühren im Laufe eines Jahres die eingezahlten Beträge übersteigen, so wird auch für den Ueberschuß die gleiche Ermäßigung wie früher in Anrechnung gebracht.

Für größere Versuchsreihen, namentlich wenn sie beide Versuchsanstalten oder mehrere Abtheilungen derselben Versuchsanstalt beschäftigen oder sich über eine längere Reihe von Jahren erstrecken, können mit Genehmigung der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten erheblichere Preisermäßigungen vereinbart werden, wenn ein bindender Arbeitsplan vorgelegt werden kann.

Die Gebühren werden in der Regel vor der Versuchsausführung eingezogen und nur bei kleineren Beträgen unter Nachnahme erhoben. **Alle Zahlungen sind an die Kasse der Königlichen technischen Hochschule in Charlottenburg zu leisten.** An die Versuchsanstalt gerichtete Beträge müssen zurückgewiesen werden.

Verlangt eine Untersuchung die Betheiligung einer zweiten Versuchsanstalt, so wird der betreffende Auftrag vom Direktor unmittelbar der anderen Anstalt übersendet und hiervon dem Auftraggeber Nachricht gegeben.

Berlin, den 30. März 1895.

Königliche Kommission
zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten.
Schultz.

Vorschriften
für die
Benutzung der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Leitung.

Die chemisch-technische Versuchsanstalt steht unter der Leitung des Direktors Professor Dr. Finkener.

Sie befindet sich in Berlin N., Invalidenstraße 44.

2. Hülfsmittel.

Die chemisch-technische Versuchsanstalt besitzt die erforderlichen Apparate und Hülfsmittel, um Analysen und Untersuchungen von anorganischen Substanzen, von Tinten sowie von Brennstoffen und einzelnen anderen organischen Stoffen (Oelen, Fetten, Seifen) auszuführen.

3. Form und Beschaffenheit der einzusendenden Proben.

Die für die chemisch-technische Versuchsanstalt bestimmten Proben fester Substanzen sind als Durchschnittsproben von in der Regel nicht über 2 kg einzusenden.

Bohr- und Hobelspähne können in der Anstalt genommen werden.

Es ist zu empfehlen, daß die Einsender genau die Art angeben, nach welcher die Probe entnommen wurde, sowie der Zweck, welcher durch die Analyse erreicht werden soll, da eine vollständige Analyse oft nicht erforderlich, dabei zeitraubend und kostspielig ist, während bei Bekanntschaft mit dem Zwecke der Untersuchung die Bestimmung eines oder einiger Stoffe genügen kann.

Tinte ist in Mengen von mindestens 0,5 l in luftdicht verschlossenen, genau etikettirten Flaschen einzusenden.

4. Kosten der Proben.

Die Kosten für die in der chemisch-technischen Versuchsanstalt ausgeführten Analysen und Proben werden in den einzelnen Fällen nach Maßgabe der aufgewendeten Zeit, der verbrauchten Materialien und der Abnutzung der Apparate berechnet.

Die Bestimmung eines einzelnen Stoffes kostet der Regel nach 5—15 Mk., eine vollständige Eisen- oder Steinkohlenanalyse 40 Mk., eine vollständige Erz- oder Schlackenanalyse 10—50 Mk.

Bei schiedsrichterlichen Analysen werden stets doppelte Untersuchungen ausgeführt, für welche daher auch doppelte Kosten in Ansatz gebracht werden müssen.

Tintenprüfungen.

1. Prüfung auf Verwaschen durch Wasser, Alkohol, Säuren, Chlor u. s. w., je nach dem Umfange der Untersuchung . . . . . Mk. 5—30
2. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades . . . . . Mk. 3
3. Ermittelung des Eisengehaltes . . . . . Mk. 5
4. Ermittelung des Gerbsäuregehaltes bis auf 4 % . . . . . Mk. 10

Für größere Versuchsreihen, namentlich wenn sie mehrere Versuchsanstalten oder mehrere Abtheilungen derselben Versuchsanstalt beschäftigen oder sich über eine längere Reihe von Jahren erstrecken, können mit Genehmigung der Kommission Preisermäßigungen vereinbart werden, wenn ein bindender Arbeitsplan vorgelegt werden kann.

Die Gebühren werden in der Regel von der Versuchsanstalt vor Beginn der Untersuchung eingezogen. Als Zahlungsstelle fungirt die **Kasse der Königlichen Bergakademie zu Berlin N., Invalidenstraße 44.**

Verlangt eine Untersuchung die Betheiligung einer zweiten Versuchsanstalt, so wird der betreffende Auftrag vom Direktor unmittelbar der anderen Anstalt übersendet und hiervon dem Auftraggeber Nachricht gegeben.

Berlin, den 30. März 1895.

Königliche Kommission
zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalt.

Schultz.

Von den

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin
herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission

Jährlich 6—8 Hefte

liegen vollständig vor:

Erster bis siebenter Jahrgang. 1883 bis 1889.
Jeder Jahrgang in 4 Heften mit Tafeln und Textabbildungen.
Preis für den Jahrgang M. 10,—.

Achter bis zwölfter Jahrgang. 1890 bis 1894.
Jeder Jahrgang in 6 Heften mit Tafeln und Textabbildungen.
Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt des **elften Jahrgangs. 1893.** — Mit 14 Tafeln und Abbildungen im Text:

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1892/93. — Bekanntmachung der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten. — Bekanntmachung. Wasserzeichen-Anmeldungen. — **Professor Martens.** Ueber die Ausführung von Festigkeitsversuchen. Aus einem Gutachten, erstattet von der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. — **Rudeloff.** Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen. — **Rudeloff.** Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit. (Fortsetzung.) — **Rudeloff.** Untersuchungen über den Einfluß des Materiales und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen. — **Rudeloff.** Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb. Theil II. Ergebnisse der Untersuchungen bei stoßweiser Inanspruchnahme. — **Professor Martens.** Ueber die Ausstellung der Versuchsanstalt auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893. — **Professor Martens.** Das mikroskopische Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken. (Vortrag, gehalten auf dem Ingenieur-Kongreß in Chicago 1893.) — **Professor Martens.** Ueber die Bestimmung des Cellulosegehaltes im Papier. — **Herzberg.** Amtliche Gutachten aus der Abtheilung für Papierprüfung. — **Herzberg.** Normalpapiere. — **Herzberg.** Normalpapiere mit Wasserzeichen. — **Herzberg.** Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier. — **Herzberg.** Holzschliffpapier. — **Herzberg.** Flecke im Papier. — **Herzberg.** Wiesner. Studien über angebliche Baumbastpapiere. — **Herzberg.** Streeb. Ueber Derivate des Liguins. — **Herzberg.** Mangin. Untersuchungen über die Cellulosemembran. — **Professor Martens.** Ueber die Flammpunktsbestimmungen von Schmierölen. Auszug aus einem Gutachten der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. — **Dr. Holde.** Die Ausdehnungskoeffizienten der schweren Destillationsprodukte und Residuen des Rohpetroleums. — **Dr. Holde.** Ueber die Löslichkeit dunkler Mineralschmieröle in Petroleumbenzin. — **Professor Dr. Böhme.** Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1891/92 und 1892/93. — **Professor Dr. Böhme.** Ergebnisse der Untersuchungen der zum Bau der Wasserwerke in Remscheid und zur Anlage der Thalsperre an der Wupper in Lennep verwendeten Materialien. — Inhaltsverzeichniß der Jahrgänge 1891 und 1892.

Inhalt des **zwölften Jahrgangs. 1894.** — Mit 8 Tafeln und Abbildungen im Text:

Bekanntmachungen der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten: 1. Aenderung der Vorschriften für Tintenprüfung. 2. Untersuchung von Schmierölen. 3. Verwaltung der Prüfungsstation für Baumaterialien. — Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1893/94. — **Professor Martens.** Bericht über die Ergebnisse von Vorversuchen über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer. — **Rudeloff.** Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen. — **Rudeloff.** Untersuchungen von Pappen als Material zur Bekleidung von Baracken oder beweglichen Gebäulichkeiten. — **Rudeloff.** Vergleichende Untersuchungen mit Kohlensäure-Flaschen verschiedenen Ursprunges. — **Herzberg.** Normalpapiere. — **Herzberg.** Wasserzeichenpapiere. — **Herzberg.** Preßspanprüfungen. — **Herzberg.** Löschpapiere. — **Herzberg.** Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels. — **Dalén.** Ueber die Bestimmung der Klebkraft verschiedener Gummisorten. — **Dr. Holde.** Entscheinungs- und Parfümirungsmittel in Schmiermaterialien und Entfettungsstoffen. — **Dr. Holde.** Zur Kenntniß des Sonnenblumenöls. — **Burchartz.** Untersuchungen von Kalken und deren Mörteln, sowie von Kalkmörteln mit Traß- bezw. Cementzuschlägen. — **Burchartz.** Ergebnisse der Untersuchungen von künstlichen Steinen. — **Burchartz.** Ergebnisse der Untersuchungen von Scagliol-Bautafeln auf Feuerbeständigkeit bezw. Feuerübertragungsfähigkeit.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. **1895.** Drittes Heft.

1. Untersuchungen von Verbundblechen aus Kupfer und Blei.

Vom Professor M. Rudeloff.

Die Beobachtung, daß Bleiverkleidungen, welche zum Schutz eiserner Gefäße, z. B. Cellulosekocher, gegen den Angriff von Säuren ausgeführt werden, unter dem Einfluß hoher Wärmegrade nach mehr oder weniger kurzer Betriebsdauer Falten werfen und Beulen erhalten und schließlich unter der Belastung mit ihrem Eigengewicht reißen, führte die Frankenthaler Kesselschmiede Velthuysen & Cie. in Frankenthal zur Erzeugung von Verbundblechen aus Kupfer und Blei, welche nach dem unter Nr. 69875 (Klasse 49) patentirten Verfahren durch einseitige homogene Verbleiung von 2—3 mm dicken Kupferplatten hergestellt werden. Von großer Bedeutung für den Vorzug dieser Verbundbleche der einfachen Bleiverkleidung gegenüber ist, daß beide Metalle so innig mit einander verbunden sind, daß sie unter den im Betriebe eintretenden Spannungs- und Wärmewechseln gleichen Formänderungen unterliegen. Um dies festzustellen, beantragte das obengenannte Werk eine Prüfung des Verbundbleches daraufhin, ob das Blei bei Formänderungen, vornehmlich durch Wärmewechsel bis zu 250 C° veranlaßt, den Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Kupfers folgt und ein Loslösen des Bleibelages von dem Kupferblech nicht eintritt.

Als Probematerial wurden zur Verfügung gestellt:

1. ein Kupferblech ohne Bleibelag (gez. K_1)[1]) und
2. zwei einseitig mit Blei belegte Verbundbleche (gez. V_1).

Die Kupferbleche aller drei Proben waren angeblich einer und derselben Kupfertafel entnommen.

Mit diesem Material wurden nach Maßgabe des vorher vereinbarten Arbeitsplanes folgende Versuche angestellt:

A. Untersuchungen über das Haftvermögen des Bleibelages

1. beim Biegen der Proben im kalten und auf 250 C° erhitzten Zustande und
2. bei wiederholtem Wärmewechsel.

---

[1]) Diese Zeichen der Bleche habe ich nachträglich eingeführt, um die Proben leichter nach ihrem Ursprung unterscheiden zu können.

B. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den Dehnungen des reinen Kupferbleches und des reinen Bleibelages zu den Dehnungen der Verbundbleche unter Zugbelastungen bei Zimmerwärme und bei 250 C°.

Die zu B angestellten Zugversuche reichten nicht hin, die Eigenschaften des Verbundbleches vollständig klarzulegen, besonders weil die Beobachtungen für die Dehnungen bis zur Streckgrenze durch Biegungsspannungen beeinträchtigt wurden.

Diese Nebenspannungen konnten aber bei dem Blech mit einseitigem Bleibelag nicht vermieden werden, weil der Bleibelag von den Köpfen der Probestäbe zu deren Einspannung mittelst Keilen entfernt werden mußte und der Belastungsangriff nun einseitig auf den kupfernen Theil einwirkte.

Daher wurden zwecks Vervollständigung der zum Prüfungsantrage erhaltenen Ergebnisse zur weiteren Prüfung im wissenschaftlichen Interesse bezogen:

1. ein Verbundblech aus Kupfer mit zweiseitigem Bleibelag (gez. V_2),
2. ein Verbundblech, bestehend aus zwei, durch eine Bleizwischenlage verbundenen Kupferblechen (gez. V_3) und
3. ein Kupferblech ohne Bleibelag (gez. K_2).

Die nochmalige Prüfung des letztgenannten reinen Kupferbleches war erforderlich, um die Festigkeitseigenschaften der zu den beiden nachträglich gelieferten Verbundblechen V_2 und V_3 verarbeiteten Kupfertafel im Ursprungszustande sicher kennen zu lernen.

I. Die Versuchsausführung und die Probenentnahme.

A. Untersuchungen über das Haftvermögen des Bleibelages.

1. Zur Prüfung des Haftvermögens des Belages beim Biegen des Bleches dienten Hin- und Herbiegeproben, welche mit Streifen von etwa 25 mm Breite und 200 mm Länge in einem Schraubstock ausgeführt wurden, dessen Backen an den Rändern nach einem Halbmesser von 5 mm abgerundet waren. Die Biegungen erfolgten stetig und abwechselnd nach rechts und links um etwa 90 Grad derart, daß der Bleibelag bei der ersten Biegung stets auf der Außenseite der Krümmung lag. Die Biegungen wurden bis zum Bruch der Proben fortgesetzt und hierbei wurde darauf geachtet, ob eine Trennung zwischen dem Kupfer und dem Blei eintrat. Diese Versuche wurden nur mit dem Verbundblech V_1 ausgeführt. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

2. Der Einfluß wiederholten Wärmewechsels wurde in erster Reihe an sechs Probestreifen aus dem Verbundblech V_1 und an zwei Streifen aus dem Kupferblech K_1 ohne Bleibelag von ebenfalls 25 mm Breite und 200 mm Länge untersucht.

Die Proben wurden in einem Oelbade abwechselnd auf 250 C° erhitzt und dann entweder langsam erkalten lassen oder in Oel abgeschreckt. Zuvor waren sie im Anlieferungszustande nach etwa 90 mm Halbmesser gebogen und zwar diejenigen aus dem Verbundblech derart, daß der Bleibelag bei drei Proben auf der Innenseite und bei den anderen auf der Außenseite der Krümmung lag. Bei allen Proben wurden die Formänderungen (Verbiegungen) im erhitzten Zustande und nach dem Erkalten bezw. Abschrecken ermittelt. Hierzu waren auf den schmalen Flächen der Kupferstreifen an den in Fig. 1 mit a und b bezeichneten Stellen feine Körnermarken eingeschlagen, deren Entfernung von einander zunächst im ursprünglichen, dann im erhitzten Zustande (250 C°) und schließlich im wieder erkalteten Zustande mit einem Zirkel ausgemessen wurde. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt.

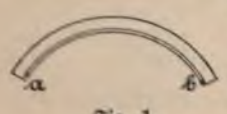


Fig. 1.

Ferner wurden die fortschreitenden Verbiegungen nach dem Erkalten jedesmal unmittelbar aufgezeichnet, indem die Probe auf Papier gelegt und längs der kupfernen Seite mit einem scharfen Blei umfahren wurde. Bei den wiederholten Aufzeichnungen wurden die Proben dann so gelegt, daß das linke Ende immer wieder die ursprüngliche Lage hatte. Auf diese Weise entstand für jede Probe eine Gruppe von Linien, die am linken Ende zusammenfielen, während ihre gegenseitige Entfernung am rechten Ende den Verlauf der mit wiederholtem Wärmewechsel fortschreitenden Verbiegung veranschaulichen. In Fig. 2 ist für jede der drei Probenarten eine solche Liniengruppe wiedergegeben. Hierbei gelten die vollausgezogenen Linien für die ursprüngliche Krümmung bei Zimmerwärme, die punktirten für den Zustand nach dem Erhitzen auf 250 C° und hierauf erfolgtem langsamen Erkalten auf Zimmerwärme und die gestrichelten Linien für den Zustand nach dem Abschrecken von 250 C° in Oel von Zimmerwärme.

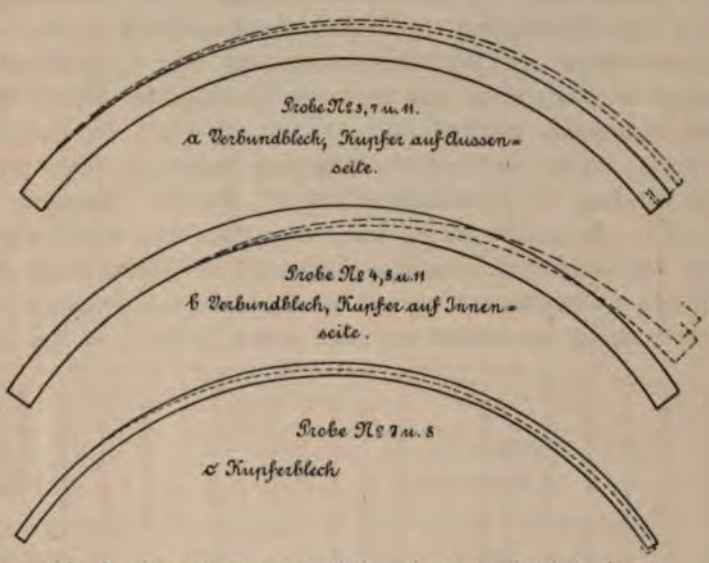


Fig. 2. Formänderungen kalt gebogener Probestreifen aus Verbundblech mit einseitigem Bleibelag und aus Kupferblech durch Erhitzen und Wiedererkalten.

Eine zweite Versuchsreihe wurde mit 2 ringförmigen Proben angestellt, die aus etwa 18 mm breiten Streifen des einseitig verbleiten Kupferbleches V_1 so gebogen waren, daß der Bleibelag bei dem Ringe a (s. Tab. 3) nach außen und bei dem Ringe b nach innen lag. Die lichten Durchmesser betrugen beim Ring a etwa 125 mm und beim Ring b etwa 112 mm.

Zur Verbindung der stumpf zusammenstoßenden Enden war auf der kupfernen Seite eine Lasche aus 2 mm dickem Kupferblech mit je einer Schraube auf jeder Seite des Stoßes gegengeschraubt. Die Ringe wurden abwechselnd je sieben Mal auf 250 C° in Oel erhitzt und in kaltem Oel abgeschreckt.

Um die eintretenden Formänderungen festzustellen, waren im kalten Zustande zwei zu einander senkrecht stehende Durchmesser durch feine Körnermarken gekennzeichnet, die auf der einen Stirnfläche der Ringe etwa in der Mitte des Kupferbleches eingeschlagen waren. Die eine dieser Marken lag bei beiden Ringen unmittelbar neben der Fuge. Der zugehörige Durchmesser ist im Nachstehenden mit 2 bezeichnet. Die Länge beider Durchmesser wurde sowohl anfänglich als auch nach jedem Wärmewechsel mit Hülfe eines Zirkels ausgemessen. Ferner wurde darauf Acht gegeben, ob etwa eine Trennung zwischen dem Blei und dem Kupfer eintrat. Hierzu waren die zu beobachtenden Stirnflächen sauber polirt.

B. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den Dehnungen des reinen Kupferbleches und des reinen Bleibelages zu den Dehnungen der Verbundbleche unter Zugbelastungen bei Zimmerwärme und bei 250 C°.

Zur Ermittelung dieser Beziehungen wurden mit den beiden zuerst gelieferten Blecharten, der einseitig verbleiten Probe V_1 und dem hierzu verarbeiteten Kupferblech, je drei Versuche bei Zimmerwärme und bei 250 C° angestellt, für welche die Probestreifen sämmtlich in gleicher Lage zur Walzrichtung des Kupferbleches entnommen wurden; ferner zwei Zugversuche bei Zimmerwärme mit Bleistreifen, welche aus dem Verbundblech V_1 herausgearbeitet waren, indem die Kupferschicht ohne Verbiegen der Bleischicht mittelst Säge abgetrennt wurde. Aus den nachträglich gelieferten drei Blechen, an denen die Walzrichtung nicht bezeichnet war, wurden Proben nach beiden Richtungen entnommen und zwar im allgemeinen je zwei zur Prüfung bei Zimmerwärme und bei 250 C°. Außerdem wurden von dem Verbundblech V_2 mit zweiseitigem Bleibelage sowohl von Blei befreite Kupferstreifen, als auch Streifen des vom Kupferblech losgelösten Bleibelages bei Zimmerwärme geprüft. Die Oberflächen der Proben wurden nur bei den aus den Verbundblechen herausgetrennten Blei- und Kupferstreifen bearbeitet, bei den übrigen verblieben sie im Zustande der Anlieferung.

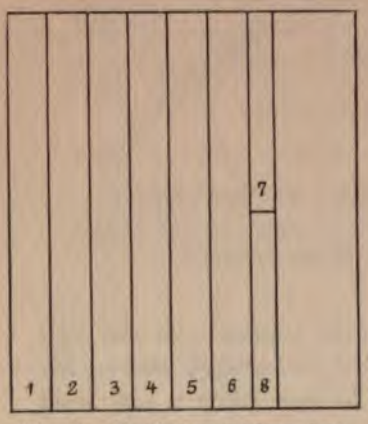


Fig. 3. Probenentnahme aus dem Kupferblech K_1.

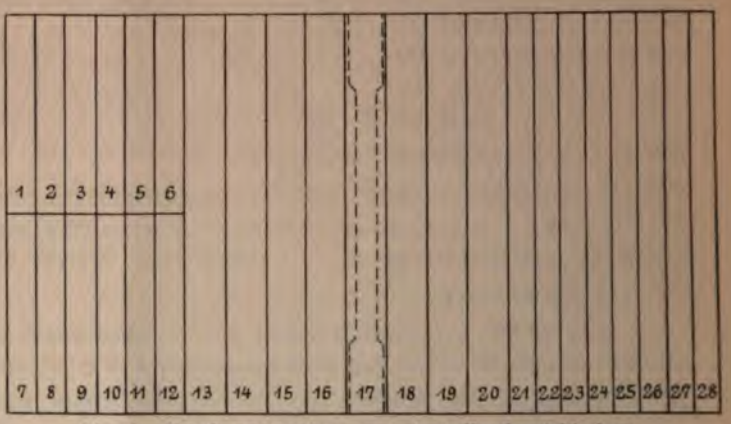


Fig. 4. Probenentnahme aus dem Verbundblech V_1.

Bei dem Verbundblech V_2 entfielen demselben Abschnitt immer zwei Bleistreifen und ein Kupferstreifen. Alle drei Proben erhielten dieselbe Nummer, und die beiden ersteren außerdem die Zeichen L und R, um zu kennzeichnen, welcher Seite des Verbundbleches sie entnommen waren.

Die näheren Angaben über die Lage der einzelnen Proben zu einander im Blech sind aus den Zerlegungsplänen Fig. 3—7 zu ersehen.

Die Proben erhielten die in Fig. 8 dargestellten Abmessungen. Die Enden der Stabköpfe waren bei den Proben aus den Verbundblechen auf etwa 45 mm Länge von dem Bleibelage befreit und bei dem Verbundblech V_3 (Doppelblech mit Bleizwischenlage) wurden außerdem an Stelle des fortgenommenen Bleies passende Eisenplatten zwischen die beiden Kupferbleche gelegt, um die Stabenden zwischen gezahnten Keilen in die Zerreißmaschine einspannen zu können.

Die Ermittelung der Dehnungen bis zum „Fließen" sowie der bleibenden Dehnungen nach gewissen Laststufen erfolgte mit Hülfe von Martens'schen Spiegelapparaten, welche bei

den einseitig verbleiten Proben an die Breitseiten der Stäbe angelegt wurden, sodaß man bei diesen Proben die Dehnungen beider Metalle bei denselben Belastungen getrennt beobachten konnte. Bei den übrigen Proben wurden die Dehnungen bis zum Fließen auf den Schmal-

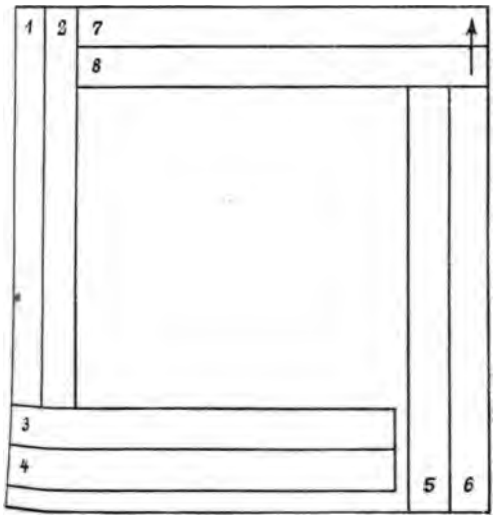


Fig. 5. Probenentnahme aus dem Kupferblech K_2.

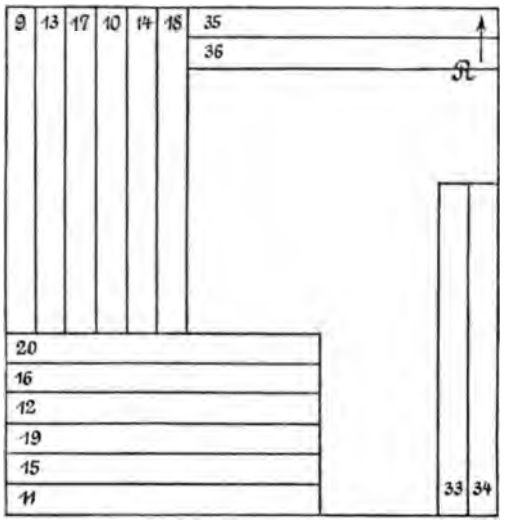


Fig. 6. Probenentnahme aus dem Verbundblech V_2.

seiten gemessen. Damit die Meßschneiden hierbei nur auf dem Kupfer zur Auflage kamen, war der Bleibelag an den Ansatzstellen der Apparate um Weniges schmäler bearbeitet als die Kupferbleche.

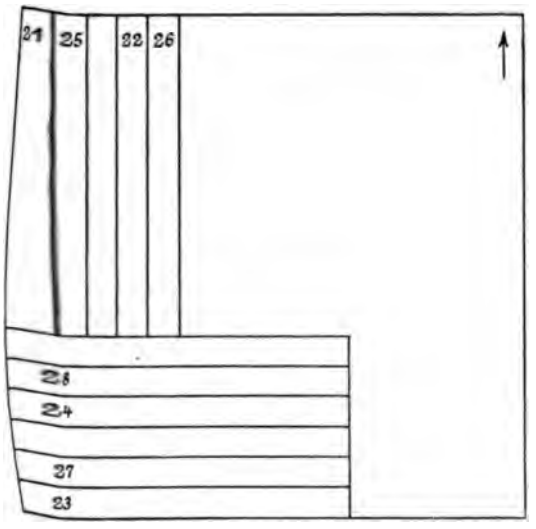


Fig. 7. Probenentnahme aus dem Verbundblech V_3.

Die Messungen an den Proben aus zwei Kupferblechen mit Bleizwischenlage lieferten somit die Werthe für die mittlere Dehnung beider Kupferbleche. Hierzu möge nicht unerwähnt bleiben, daß die Einzelwerthe für beide Bleche wohl nahezu gleich groß gewesen sind, weil sonst eine allmähliche Neigung des Spiegelhalters hätte eintreten müssen, welche bei der Aufstellung des schmalen Ableseмaßstabes senk-

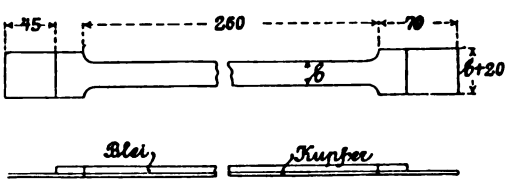


Fig. 8.

recht zur Achse des Spiegelhalters mit einem Heraustreten des Maßstabbildes aus dem Sehfeld des Ablesefernrohres verbunden gewesen wäre, was nicht stattfand.

Zur Erwärmung der Proben auf 250 C° diente ein Oelbad, in dem die Proben während des ganzen Versuches bis zum Bruch verblieben.

Nach dem Bruch wurde die Dehnung für ursprüngliche Längen von je 50 mm und von je 100 mm zu beiden Seiten der Bruchstelle gemessen. Die hierzu erforderlichen Theilungen in Centimeter waren bei den Proben aus reinem Kupfer und reinem Blei auf einer Breitseite, bei den Proben aus dem einseitig verbleiten Verbundblech und aus dem Verbundblech mit Bleizwischenlage zwischen den beiden Kupferblechen auf beiden Breitseiten und schließlich bei den Proben aus dem zweiseitig verbleiten Verbundblech auf beiden Schmalseiten des Kupfers angebracht.

An dem einseitig verbleiten Verbundblech konnte die Dehnung demnach mit Hülfe der beiderseitigen Theilung für das Blei und für das Kupfer getrennt festgestellt werden (s. Tab. 16). An den beiden anderen Verbundblechen wurde die Dehnung dagegen zunächst nur für den kupfernen Theil festgestellt, und zwar sind die in der Tab. 17 angegebenen Werthe, Mittel aus zwei getrennten Messungsreihen. Bei Besprechung der Versuchsergebnisse erwies es sich indessen später wünschenswerth die Dehnungen für das Kupfer und den Bleibelag auch an den beiden Verbundblechen V_2 und V_3 getrennt zu ermitteln. Für das Blech V_3, aus zwei Kupferblechen mit Bleizwischenlage bestehend, waren diese getrennten Messungen mit Sicherheit nicht mehr auszuführen, weil die Theilungen nur in der Mitte der Breitseiten auf dem Kupfer angebracht waren, sie mußten daher unterbleiben. Bei den Proben aus dem Blech V_2 mit zweiseitigem Bleibelag reichten die auf den Schmalseiten angebrachten Theilstriche beiderseits bis in den Bleibelag hinein. Bei diesen Proben ließen sich die Dehnungen somit auch für den Bleibelag noch nachträglich für die gleichen ursprünglichen Längen von je 50 und 100 mm vom Bruch ermitteln, für welche sie an dem kupfernen Theil der Proben bereits gemessen waren.

Die Ergebnisse dieser nachträglichen Messungen sind, um die Uebersichtlichkeit der Tab. 17 nicht zu stören, in Tab. 18 für sich zusammengestellt, und zwar sind die Dehnungen für die beiden Bleibeläge auf der rechten und linken Seite des Bleches getrennt angegeben.

II. Die Versuchsergebnisse.

A. Ergebnisse der Biegeproben.

Aus den Ergebnissen der Hin- und Herbiegeproben (s. Tab. 1) geht hervor, daß das Erwärmen bis auf 250 C° auf die Biegungsfähigkeit des untersuchten Bleches ohne nennenswerthen Einfluß war, sodaß die Zahl der Biegungen bis zum Bruch nicht wesentlich zunahm. Beim Abbiegen der Bruchenden des Kupferbleches vom Bleibelage riß dieser in sich auf, ließ

Tabelle 1. **Ergebnisse der Hin- und Herbiegeproben mit einseitig verbleiten Verbundblechen.**

Wärmezustand	Nr. der Probe (s. Fig. 4)	Anzahl der Biegungen bis zum Bruch	Bemerkungen über den Verlauf der Versuche
Zimmerwärme	1	2½	Nur der kupferne Theil ging zu Bruch. Beim vollständigen Zusammenbiegen spaltete sich der Bleibelag, indem eine dünne Bleischicht auf den Flächen a des Kupferbleches (s. nebenstehende Skizze) zurückblieb.
	5	3	
	9	3	
250 C°	2	4½	
	6	3½	
	10	3½	

Tabelle 2. **Formänderungen infolge Wärmewechsels von gebogenen Probestreifen aus einseitig verbleitem Verbundblech und aus Kupfer.**

Nr. der Probe	Material	Lage des Kupferbleches im Bogen	Bogenweite (Markenentfernung a⁓b) in mm bei den nachgenannten Zuständen					Erweiterung des Bogens in mm nach dem			
			ursprünglich	bei 250 C°	langsam auf 20 C° erkaltet	bei 250 C°	in Oel abgeschreckt	Erhitzen auf 250 C°	langsamen Erkalten	Erhitzen auf 250 C°	Abschrecken in Oel
3	Einseitig verbleite Verbundbleche (s. Fig. 4)	außen (s. Fig. 2a)	169,5	173,6	170,6	174,3	171,0	4,1	1,1	4,8	1,5
7			171,6	176,0	173,2	176,5	174,0	4,4	1,6	4,9	2,4
11			172,2	176,7	174,0	177,5	174,9	4,5	1,8	5,3	2,7
4		innen (s. Fig. 2b)	166,8	169,9	172,0	171,0	173,0	3,1	5,2	4,2	6,2
8			166,8	169,5	171,9	170,8	172,3	2,7	5,1	4,0	5,5
12			164,5	167,1	169,4	168,3	169,7	2,6	4,9	3,8	5,2
7	Kupfer (s. Fig. 3)	(s. Fig. 2c)	165,0	165,5	164,7	165,5	164,5	0,5	−0,3	0,5	−0,5
8			165,5	166,0	165,3	166,0	165,4	0,5	−0,2	0,5	−0,1
Mittel-Werthe	Verbundbleche	außen . .	**171,1**	**175,4**	**172,6**	**176,1**	**173,3**	**4,3**	**1,5**	**5,0**	**2,2**
		innen . .	**166,0**	**168,8**	**171,1**	**170,0**	**171,7**	**2,8**	**5,1**	**4,0**	**5,6**
	Kupfer	—	**165,3**	**165,8**	**165,0**	**165,8**	**165,0**	**0,5**	**−0,3**	**0,5**	**−0,3**

Tabelle 3. **Formänderung der zu einem geschlossenen Ring hergerichteten Proben aus einseitig verbleitem Verbundblech bei wiederholtem Erhitzen und Abschrecken.**

Durchmesser 1.					Durchmesser 2.				
Ursprüngliche Länge mm	Länge nach dem Erhitzen auf 250 C° mm	Länge nach dem Abschrecken mm	Längenänderungen in Folge des Erhitzens mm	Längenänderungen in Folge des Abschreckens mm	Ursprüngliche Länge mm	Länge nach dem Erhitzen auf 250 C° mm	Länge nach dem Abschrecken mm	Längenänderungen in Folge des Erhitzens mm	Längenänderungen in Folge des Abschreckens mm
a. Bleibelag auf der Außenseite des Ringes gelegen. Probe Nr. 21 (s. Fig. 4).									
127,3	127,6	127,3	+ 0,3	± 0,0	127,9	128,2	128,0	+ 0,3	+ 0,1
	127,6	127,2	+ 0,3	− 0,1		128,3	128,0	+ 0,4	+ 0,1
	127,7	127,0	+ 0,4	− 0,3		128,3	128,5	+ 0,4	+ 0,6
	127,7	127,3	+ 0,4	± 0,0		128,3	128,3	+ 0,4	+ 0,4
	127,8	127,1	+ 0,5	− 0,2		128,3	128,5	+ 0,4	+ 0,6
	127,8	127,3	+ 0,5	± 0,0		128,3	128,3	+ 0,4	+ 0,4
	128,0	127,5	+ 0,7	+ 0,2		128,3	127,9	+ 0,4	± 0,0
	Mittelwerthe		+ **0,44**	− **0,06**		Mittelwerthe		+ **0,4**	+ **0,3**
b. Bleibelag auf der Innenseite des Ringes gelegen. Probe Nr. 22 (s. Fig. 4).									
129,0	129,3	128,6	+ 0,3	− 0,4	128,5	129,5	128,6	+ 1,0	+ 0,1
	129,2	128,8	+ 0,2	− 0,2		129,5	128,7	+ 1,0	+ 0,2
	129,2	128,9	+ 0,2	− 0,1		129,6	128,5	+ 1,1	± 0,0
	129,1	128,9	+ 0,1	− 0,1		129,6	128,5	+ 1,1	± 0,0
	129,2	128,5	+ 0,2	− 0,5		129,6	129,0	+ 1,1	+ 0,5
	129,1	129,0	+ 0,1	± 0,0		129,6	129,0	+ 1,1	+ 0,5
	129,2	128,8	+ 0,2	− 0,2		129,6	129,0	+ 1,1	+ 0,5
	Mittelwerthe		+ **0,19**	− **0,21**		Mittelwerthe		+ **1,07**	+ **0,26**

Die Dickenmessungen ließen keine Aenderungen erkennen, auch ein Lostrennen des Bleibelages von dem Kupfer konnte nicht wahrgenommen werden.

aber vom Kupferblech nicht los. Hieraus darf auf ein gutes Anhaften des Bleibelages an dem Kupferblech geschlossen werden. Dies Ergebniß wird auch durch die zu einem geschlossenen Ring geformten Probestreifen bestätigt, welche auf den polirten Flächen kein Loslösen des Bleies vom Kupfer durch wiederholten Wärmewechsel erkennen ließen, gleichviel ob die Bleischicht auf der äußeren oder inneren Seite des Ringes lag (s. Tab. 3).

B. Das Verhalten gebogener Streifen bei wiederholtem Wärmewechsel.

Die nach einem Kreisbogen von etwa 90 mm Halbmesser gebogenen Probestreifen (s. Tab. 2) erlitten durch das Erhitzen auf 250 C° und nachfolgendes langsames Erkalten oder Abschrecken folgende Formänderungen:

1. Bei beiden Streifen aus dem reinen Kupferblech nahm die durch Marken abgegrenzte Sehne des Bogens von etwa 165 mm Länge in Folge des erstmaligen Erhitzens auf 250 C° im Mittel um 0,5 mm zu und wurde dann nach dem hierauf folgenden langsamen Erkalten im Mittel um 0,3 mm geringer befunden als ursprünglich (Fig. 2c). Bei Wiederholung des Versuches wurden für die gleichen Wärmezustände auch die gleichen Werthe für die Sehnenlänge wiedergefunden.
2. Bei den gebogenen Streifen aus den Verbundblechen waren die Formänderungen schon beim erstmaligen Wärmewechsel erheblich größer als bei den Proben aus reinem Kupferblech, und bei Wiederholung des Versuches nahmen sie weiter zu. Ferner zeigten die auf 250 C° erhitzten und wieder erkalteten Proben keine Abnahme, sondern eine Zunahme der Sehnenlänge gegenüber dem ursprünglichen Zustande (Fig. 2a u. b).
3. Die Proben mit dem Kupfer auf der Außenseite des Bogens unterschieden sich von denen mit dem Kupfer auf der Innenseite darin, daß:
   a) die Erweiterung des Bogens in Folge des Erhitzens um Weniges größer war, wenn das Kupfer nach Außen lag und daß
   b) diese Erweiterung durch das Erkalten bei dem Bogen mit dem Kupfer nach Außen wieder abnahm, indessen ohne daß die ursprüngliche Sehnenlänge wieder erreicht wurde, während sie bei dem Bogen mit dem Kupfer nach Innen durch das Erkalten noch gesteigert wurde (s. Tab. 2).

Eine Erklärung für diese beobachteten, bei den drei Probenarten unter einander abweichenden Erscheinungen glaube ich in folgenden Umständen finden zu können.

Bei Ueberführung eines Probestreifens aus homogenem Material in den gebogenen Zustand findet bekanntlich auf der Außenseite des Bogens eine bleibende Streckung des Materials und auf der Innenseite eine bleibende Stauchung statt. Außerdem werden aber auch elastische Formänderungen und diesen entsprechende Spannungen erzeugt, gleicher Art mit den genannten bleibenden Formänderungen. Diese elastischen Spannungen bewirken, daß der gebogene Streifen beim Entfernen der biegenden Kraft auseinanderfedert, d. h. daß die vorher abgegrenzte Sehne zunimmt, indem die ausgelösten elastischen Zugspannungen auf der Außenseite des Bogens ein Zusammenziehen und die elastischen Druckspannungen auf der Innenseite ein Wiederausdehnen des Materials bewirken. Hierbei geht der Streifen in den spannungslosen Zustand über, wenn beide Arten der beim Biegen erzeugten elastischen Formänderung gleich groß waren. Dies ist der Fall, wenn die Elastizitätsgrenze des Materials beim Biegen nicht überschritten wird. Sobald aber bleibende Formänderungen erzeugt werden, ändern sich die Festigkeitseigenschaften des Materials und die neutrale spannungslose Faserschicht, welche vorher mit der Achse der Probe zusammenfiel,

wandert nach der Innenseite des Bogens hin, weil die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Druck in stärkerem Maße zunimmt als diejenige gegen Zug. Hierdurch ist bedingt, daß die Formänderungen (Streckungen) auf der Außenseite des Bogens größer werden, als die Stauchungen auf der Innenseite. Nun nehmen bekanntlich die elastischen Formänderungen mit der Gesammtformänderung ebenfalls zu. Daher werden auch die in einem bis über die Elastizitätsgrenze gebogenen Streifen erzeugten elastischen Streckungen größer sein, als die elastischen Stauchungen. Dies hat zur Folge, daß beim Entfernen der äußeren biegenden Kraft und Auseinanderfedern des gebogenen Streifens zunächst die kleineren elastischen Druckspannungen gegen einen Theil der größeren elastischen Zugspannungen sich gänzlich ausgleichen und daß dann der überschießende Theil der Zugspannungen auf der Außenseite des Bogens in Folge des ihnen innewohnenden Arbeitsvermögens unter eigener Abnahme auch auf der Innenseite des Bogens Zugspannungen erzeugt, bis die Zugspannungen auf beiden Seiten und die inneren Druckspannungen sich das Gleichgewicht halten.[1]) Der Streifen behält hierdurch innere Spannungen. Wird er in diesem Zustande hinreichend erhitzt, so gehen die Veränderungen der Festigkeitseigenschaften, welche mit den bleibenden Formänderungen verbunden waren, mehr oder weniger vollständig wieder verloren und zugleich auch der Ueberschuß an elastischen Zugspannungen über die elastischen Druckspannungen, welcher in den durch das Biegen veränderten Festigkeitseigenschaften begründet war. Der Streifen geht in den spannungslosen Zustand über. Hiermit ist aber auch die Kraft beseitigt, welche das Auseinanderfedern des Streifens über den Ausgleich der elastischen Druckspannungen hinaus veranlaßte. Daher wird der Streifen nun beim Erkalten wieder auf eine geringere Sehnenlänge sich zusammenziehen, als er unmittelbar nach dem Biegen im kalten Zustande hatte. Ist aber der spannungslose Zustand durch das Erhitzen einmal erreicht, so kommt beim wiederholten Erhitzen und Abkühlen für die Größe des Krümmungshalbmessers oder der Sehnenlänge nur noch der Einfluß der Wärme in Frage, d. h. die Sehnenlänge muß nun bei gleichen Wärmegraden stets gleichgroß befunden werden, wie es bei dem Versuch auch thatsächlich der Fall war. —

Wie oben bereits gesagt wurde, gilt das geschilderte Verhalten nur für Streifen aus homogenem Material und sind daher hierin auch nur die an den Proben aus dem reinen Kupferblech beobachteten Erscheinungen erklärt.

Bei den Streifen aus dem Verbundblech liegen die Verhältnisse weniger einfach; um sie in ihrer Entwickelung zu verfolgen hat man zu beachten, daß dem Blei nur eine verschwindend kleine Elastizität innewohnt und daß daher die Federung des gebogenen Streifens aus dem Verbundblech beim Entfernen der äußeren biegenden Kraft zum weitaus größten Theil auf die Wirkung derjenigen elastischen Spannungen beruht, welche beim Biegen in dem kupfernen Theil des Streifens erzeugt wurden. Der Bleibelag muß hierbei gestaucht werden, wenn er auf der Außenseite des Bogens liegt, und gestreckt werden, wenn er die Innenseite des Bogens bildet. Die Federung kann daher nur in dem Maße stattfinden, als das Arbeitsvermögen der elastischen Spannungen, die Federkraft, im kupfernen Theil des gebogenen Streifens hinreicht, die zum Strecken und Stauchen des Bleibelages nothwendige Formänderungsarbeit zu leisten. Nun nimmt aber die letztere mit der Größe der Federung zu und die Federkraft selbst ab; daher wird nach Entfernung der äußeren biegenden Kraft auch

[1]) Das Verhältniß, nach welchem diese Spannungsvertheilung auf den Querschnitt zu beiden Seiten der herausgebildeten neutralen Faserschicht stattfindet, wird von den elastischen Eigenschaften abhängen, welche das Material einerseits durch die voraufgegangenen bleibenden Streckungen andererseits durch die bleibenden Stauchungen angenommen hat.

in dem gebogenen Streifen aus Verbundblech und zwar in dessen kupfernem Theil ein Rest an elastischer Spannung zurückbleiben, dem die Widerstandsfähigkeit des Bleibelages gegen Formänderungen das Gleichgewicht hält.[1])

Wird nun ein derartiger Probestreifen erhitzt, so sind auf die Größe des Krümmungshalbmessers oder der Sehnenlänge des Bogens im erhitzten Zustande sowie nach dem Wiedererkalten folgende Umstände von Einfluß, daß durch die Erwärmung

1. das Blei eine größere Ausdehnung erleidet, als das Kupfer,
2. die Festigkeit des Bleies in stärkerem Grade abnimmt, als die Festigkeit des Kupfers und
3. die mit dem Biegen im kalten Zustande verbundenen Veränderungen der Festigkeitseigenschaften wieder mehr oder weniger beseitigt werden.
4. Ist von Einfluß, ob der Bleibelag auf der Innenseite oder auf der Außenseite des Bogens gelegen ist.[2])

Das größere Wärmeausdehnungsvermögen des Bleies bewirkt, daß ein gerader Streifen aus Verbundblech mit einseitigem Bleibelag sich beim Erwärmen derart durchbiegt, daß das Kupfer auf der Innenseite des Bogens liegt. War der Streifen aber wie bei den vorliegenden Versuchen bereits gebogen, so mußte, wenn keine Nebeneinflüsse bestanden, d. h. allein durch den Einfluß des Erhitzens eine Erweiterung des innen verbleiten Bogens und eine Abnahme der Sehnenlänge bei dem außen verbleiten Bogen eintreten.

Wie oben dargethan ist, waren bei dem Auseinanderfedern des kaltgebogenen, innen verbleiten Bogens in dem Kupfer elastische Zugspannungen, dagegen in dem außen verbleiten Bogen elastische Druckspannungen zurückgeblieben. Beim Erhitzen erlitt die Festigkeit des Bleies eine größere Einbuße, als die Festigkeit des Kupfers. Das Blei wurde bildsamer, und gab unter den auf ihn einwirkenden Spannungen des Kupfers nach, sodaß diese nun in beiden Fällen eine Erweiterung des Bogens bewirken konnten. Diese Erweiterung trat bei dem innen verbleiten Bogen zur Erweiterung in Folge des Wärmeausdehnungsvermögens hinzu, während sie bei dem erhitzten außen verbleiten Bogen der Abnahme der Sehnenlänge entgegen wirkte. Hierdurch kam es, daß die Sehnenlänge bei beiden Bogen in Folge des Erhitzens zunahm, daß diese Zunahme aber bei dem innen verbleiten Bogen mit 171,1 mm mittlerer ursprünglicher Sehnenlänge 4,3 mm betrug, d. h. größer war, als bei dem außen verbleiten Bogen, wo sie auf 166 mm nur 2,8 mm betrug.

Beim hierauf folgenden Erkalten der Proben ging die vorher durch Wärmezufuhr und Ausdehnung des Materials veranlaßte Erweiterung des innen verbleiten Bogens und Verkürzung der Sehnenlänge des außen verbleiten Bogens wieder verloren; dagegen blieb die Erweiterung beider Bogen bestehen, welche in der Wärme unter Ausgleich der elastischen Spannungen im Kupfer durch Streckung und Stauchung des unelastischen Bleies bewirkt war. Die Proben behielten daher im kalten Zustande beide eine größere Sehnenlänge, als sie ursprünglich hatten. Die Zunahme betrug bei dem innen verbleiten Bogen 1,5 mm gegen 4,3 mm im erhitzten Zustande und bei dem außen verbleiten Bogen 5,1 mm gegen 2,8 mm. Daß sie im letzteren Fall sogar größer war, als im erhitzten Zustande, kann nach dem Vorgesagten nicht weiter befremden. Dagegen bleibt noch zu begründen, daß die Verbindung

[1]) Der Nachweis für die Richtigkeit dieser Anschauung ist durch besondere Versuche erbracht, die später besprochen sind.

[2]) Zur kürzeren Fassung wird in der folgenden Besprechung die Lage des Bleibelages zum Bogen durch die Bezeichnungen „innen verbleiter" und „außen verbleiter" Bogen unterschieden werden.

beider Metalle im Verbundblech den bisher als bestehend angenommen hindernden Einfluß auf die Federung der kalt gebogenen Streifen bei Entfernung der biegenden Kraft thatsächlich besitzt.

Bei den älteren, bisher erörterten Versuchen, deren Ergebnisse in Tab. 2 enthalten sind, war auf diesen Umstand keine Rücksicht genommen. Daher wurden zu ihrer Ergänzung zwei weitere Versuchsreihen angestellt und zwar eine Reihe I, bei der die Proben in einem Oelbade auf 250 C° erhitzt wurden und dann an der Luft langsam erkalteten, und eine zweite (II), bei der die heißen Proben in einem Oelbade von etwa 20 C° abgeschreckt wurden.

Für jede dieser beiden Reihen wurden dem einseitig verbleiten Verbundblech V_1 drei Streifen von etwa 19 mm Breite entnommen und bei einem derselben das Blei mit Hülfe einer Säge von dem Kupferblech losgetrennt und in seiner ganzen Länge auf gleiche Dicke (3,7 mm) bearbeitet, sodaß für jede Reihe ein Kupferstreifen, ein Bleistreifen und zwei Streifen aus Verbundblech zur Verfügung standen. Die zu derselben Reihe gehörigen Streifen hatten annähernd gleiche Länge von 409 und 403 mm.

Zur Feststellung der Sehnenlänge wurden auf einer Schmalseite (bearbeitete Schnittfläche) durch feine Körnermarken Meßlängen von 320 mm bei Reihe I und von 325 mm bei Reihe II abgegrenzt und dann alle Streifen von Hand in gleicher Weise um einen Dorn von 200 mm Durchmesser gebogen, sodaß sie mindestens innerhalb der abgegrenzten Meßlänge vollständig an dem Dorn anlagen. Von den beiden Probenpaaren aus Verbundblech wurde immer eine Probe mit dem Bleibelag nach innen, die andere mit dem Belag nach außen gebogen.

Die Versuchsergebnisse sind in den Tab. 4 und 5 zusammengestellt. In ihnen bedeutet „Sehnenlänge s unter der biegenden Kraft" die Entfernung der beiden Körnermarken, wie sie gemessen wurde, während die Streifen an dem Dorn anlagen; die Sehnenlänge s_1 giebt ferner das Maß für denselben Markenabstand „nach Beseitigung der biegenden Kraft" und somit der Unterschied $s_1 - s$ die „Federung" des Streifens nach dem Kaltbiegen. Nach Feststellung dieser Längen wurden die Streifen dem Wechsel zwischen Erhitzen auf 250 C° und langsamen Erkalten oder Abschrecken ausgesetzt und die Sehnenlängen nach jedem Wärmewechsel von Neuem ermittelt.

Die Unterschiede zwischen diesen letztgenannten Messungen und der Sehnenlänge s_1, der kaltgebogenen, sich selbst überlassenen Probe geben den Einfluß des wiederholten Wärmewechsels auf die Krümmung der Proben.

Die in Tab. 4 und 5 angegebenen Werthe für die Federung betragen bei den Streifen aus Kupfer 18,0 und 31,9 mm, bei den Bleistreifen 3,0 und 6,1 mm, bei den innen verbleiten Bogen 1,4 und 1,8 mm und bei den außen verbleiten Bogen 1,3 und 2,8 mm. Hierin ist also der nachtheilige Einfluß der Verbindung des Bleies mit dem Kupfer auf die Federung der gebogenen Streifen deutlich dargethan. Dieser Einfluß kann, da die Streifen aus dem reinen Kupfer und reinem Blei aus demselben Verbundblech entnommen wurden wie die verbleiten Streifen, in etwaigen Veränderungen der Eigenschaften des Kupfers oder des Bleies durch die Verbindung beider Materialien mit einander nicht begründet sein. Es bleibt daher nur übrig die geringere Federung der Streifen aus Verbundblech damit zu erklären, daß der Widerstand des unelastischen Bleibelages gegen Formänderungen, wie oben angenommen wurde, einem Theil der Federkraft des Kupfers das Gleichgewicht hält, womit zugleich der Beweis für die Richtigkeit der Grundlage gegeben ist, auf welche die vorstehenden Erörterungen über das Verhalten der kaltgebogenen Proben beim Erhitzen und Wiedererkalten aufgebaut wurden. —

Tabelle 4. Einfluß des wiederholten Erhitzens auf 250 C° und hierauf folgenden langsamen Erkaltens auf die Sehnenlänge kalt gebogener Probestreifen.

(Hierzu Fig. 9a.)

Material und Abmessungen der Proben im ungebogenen Zustande		Kupfer	Blei	Verbundblech mit einseitigem Belag	
		aus Verbundblech mit einseitigem Belag (Probe 23, Fig. 4)		Bleibelag innen (Probe 24, Fig. 4)	Bleibelag außen (Probe 25, Fig. 4)
		Breite . . 19,0 mm Dicke . . 2,0 mm Meßlänge 320,0 mm	Breite . . 18,9 mm Dicke . . 3,7 mm Meßlänge 320,0 mm	Breite . . 18,9 mm Dicke . . 9,0 mm Meßlänge 320,0 mm	Breite . . 18,8 m Dicke . . 9,0 m Meßlänge 320,0 m
Sehnenlänge	unter der biegenden Kraft in mm = s .	202,2	204,1	215,4	202,3
	nach deren Beseitigung in mm = s_1	220,2	207,1	216,8	203,6
Federung in mm = $(s_1 - s)$.		18,0	3,0	1,4	1,3

Wärmezustand der Probe bei der Messung	Kupfer: Sehnenlänge mm	Kupfer: Aenderung der Sehnenlänge durch Erhitzen mm	Kupfer: Aenderung der Sehnenlänge nach dem Abschrecken mm	Blei: Sehnenlänge mm	Blei: Aenderung der Sehnenlänge durch Erhitzen mm	Blei: Aenderung der Sehnenlänge nach dem Abschrecken mm	Verbundblech innen: Sehnenlänge mm	Verbundblech innen: Aenderung der Sehnenlänge durch Erhitzen mm	Verbundblech innen: Aenderung der Sehnenlänge nach dem Abschrecken mm	Verbundblech außen: Sehnenlänge mm	Verbundblech außen: Aenderung der Sehnenlänge durch Erhitzen mm	Verbundblech außen: Aenderung der Sehnenlänge nach dem Abschrecken mm
Auf 250 C° erhitzt . . .	220,7	+ 0,5		208,2	+ 1,1		230,1	13,3		208,4	4,8	
Langsam erkaltet . . .	219,9		− 0,3	205,9		− 1,2	220,3		3,5	217,3		13
Auf 250 C° erhitzt . . .	220,5	+ 0,3		227,4	20,3		231,5	14,7		209,6	6,0	
Langsam erkaltet . . .	219,6		− 0,6	224,2		+17,1	221,6		4,8	218,2		14
Auf 250 C° erhitzt . . .	220,5	+ 0,3		217,3	0,2		232,0	15,2		210,5	6,9	
Langsam erkaltet . . .	219,9		− 0,3	218,4		+11,3	222,4		5,6	218,7		15
Auf 250 C° erhitzt . . .	220,5	+ 0,3		211,2	4,1		232,4	15,6		211,0	7,4	
Langsam erkaltet . . .	219,9		− 0,3	—		—	222,6		5,8	219,4		15
Auf 250 C° erhitzt . . .	—			211,0	3,9		232,9	16,1		211,2	7,6	
Langsam erkaltet . . .	—			244,8		37,7	223,2		6,4	219,7		16
Auf 250 C° erhitzt . . .	—			245,8	38,7		233,3	16,5		211,2	7,6	
Langsam erkaltet . . .	—			242,8		35,7	223,3		6,5	219,7		16

Um die in den Tab. 4 und 5 weiter enthaltenen Ergebnisse übersichtlicher zu gestalten, sind sie in Fig. 9a und b als Schaulinien dargestellt, deren Bedeutung durch die rechts neben den Linien niedergeschriebenen und in der Ueberschrift zu der Figur erläuterten Buchstaben gekennzeichnet ist.

Nach dem Verlauf der Linien Kw und Kk (Fig. 9a) hat die Sehnenlänge des Kupferstreifens in gleicher Weise wie bei den früheren Untersuchungen (s. Tab. 2) durch das Erhitzen zugenommen und ist dann nach dem langsamen Erkalten unter das ursprüngliche Maß für den kalten Zustand zurückgegangen, während der zweite Kupferstreifen nach dem Verlauf der Linien Kw und Kk (Fig. 9b) auch durch das Erhitzen eine Verkürzung seiner Sehnenlänge erfahren hat.

Zu diesem Ergebnis liegt scheinbar ein Widerspruch. Beachtet man aber, daß der Kupferstreifen zu Fig. 9a eine Federung von nur 18 mm zeigte, während die Federung des zweiten Kupferstreifens zu Fig. 9b etwa 32 mm betrug, so dürfte der scheinbare Widerspruch damit erklärt werden können, daß der Unterschied zwischen den beim Biegen durch Streckung und Stauchung erzeugten elastischen Zug- und Druckspannungen beim Kupferstreifen mit geringerer Federung (Tab. 4) kleiner war, als bei dem Streifen mit größerer Federung

Tabelle 5. Einfluß des wiederholten Erhitzens auf 250 C° und hierauf folgenden Abschreckens auf die Sehnenlänge kalt gebogener Probestreifen.

(Hierzu Fig. 9b.)

Material und Abmessungen der Proben im ungebogenen Zustande		Kupfer		Blei		Verbundblech mit einseitigem Belag			
		aus Verbundblech mit einseitigem Belag (Probe 26, Fig. 4)				Bleibelag innen (Probe 27, Fig. 4)		Bleibelag außen (Probe 28, Fig. 4)	
		Breite . . 20 mm Dicke . . 2 mm Meßlänge 323,0 mm		Breite . . 20 mm Dicke . . 4 mm Meßlänge 322,5 mm		Breite . . 20 mm Dicke . . 9 mm Meßlänge 323,5 mm		Breite . . 20 mm Dicke . . 9 mm Meßlänge 323,5 mm	
Sehnenlänge	unter der biegenden Kraft in mm = s .	201,8		201,6		215,0		202,2	
	nach deren Beseitigung in mm = s_1	233,7		207,7		216,8		205,0	
Federung in mm = (s_1—s) .		31,9		6,1		1,8		2,8	
Wärmezustand der Probe bei der Messung		Sehnenlänge mm	Aenderung der Sehnenlänge: durch Erhitzen mm	Aenderung der Sehnenlänge: nach dem Abschrecken mm	Sehnenlänge mm	Aenderung der Sehnenlänge: durch Erhitzen mm	Aenderung der Sehnenlänge: nach dem Abschrecken mm	Sehnenlänge mm	Aenderung der Sehnenlänge: durch Erhitzen mm	Aenderung der Sehnenlänge: nach dem Abschrecken mm	Sehnenlänge mm	Aenderung der Sehnenlänge: durch Erhitzen mm	Aenderung der Sehnenlänge: nach dem Abschrecken mm
Auf 250 C° erhitzt		233,9	+ 0,2		208,9	+ 1,2		230,8	+14,0		212,6	+ 7,6	
Abgeschreckt		233,0		− 0,7	207,9		+ 0,2	221,2		4,4	222,2		+17,2
Auf 250 C° erhitzt		233,2	− 0,5		211,3	+ 3,6		231,8	15,0		214,6	9,6	
Abgeschreckt		233,0		− 0,7	209,6		+ 1,9	222,2		5,4	223,7		18,7
Auf 250 C° erhitzt		233,4	− 0,3		210,5	+ 2,8		232,2	15,4		215,5	10,5	
Abgeschreckt		232,5		− 1,2	210,7		+ 3,0	222,7		5,9	224,6		19,6
Auf 250 C° erhitzt		233,0	− 0,7		211,7	+ 4,0		232,8	16,0		216,0	11,0	
Abgeschreckt		232,4		− 1,3	211,0		+ 3,3	223,0		6,2	225,0		20,0
Auf 250 C° erhitzt		233,1	− 0,6		212,1	+ 4,4		233,2	16,4		216,3	11,3	
Abgeschreckt		232,6		− 1,1	212,6		+ 4,9	223,2		6,4	(226,2)		(21,2)
Auf 250 C° erhitzt		233,2	− 0,5		213,7	+ 6,0		233,7	16,9		216,6	11,6	
Abgeschreckt		232,4		− 1,3	(213,6)		(+ 5,9)	223,8		7,0	225,3		20,3
Auf 250 C° erhitzt		233,4	− 0,3		213,3	+ 5,6		233,8	17,0		216,7	11,7	
Abgeschreckt		232,4		− 1,3	212,5		+ 4,8	224,0		7,2	225,3		20,3
Auf 250 C° erhitzt		233,3	− 0,4		213,1	+ 5,4		234,0	17,2		217,1	12,1	
Abgeschreckt		232,3		− 1,4	212,1		+ 4,4	224,2		7,4	225,3		20,3

(Tab. 5). Letzterer hatte dann vor dem Erhitzen größere innere Spannungen als ersterer, womit unter Berücksichtigung des Seite 82 Gesagten zugleich erklärt ist, daß die Sehnenlänge des Streifens mit größerer Federung nach dem Erhitzen auf 250 C° und Wiedererkalten gegen den ursprünglichen Zustand mehr abgenommen hatte (bis zu — 1,4 mm), als bei dem Streifen mit geringerer Federung (bis zu — 0,3 mm) und daß zur Erreichung konstanter Werthe für die Sehnenlänge bei denselben Wärmegraden für den erstgenannten Kupferstreifen eine größere Zahl von Wärmewechseln nöthig war, als bei dem zweiten Kupferstreifen.

Die Versuche mit den beiden Bleistreifen können nur als theilweise gelungen angesehen werden. Besonders die Werthe der Tab. 4 zeigen ein außerordentliches Schwanken der Sehnenlängen nach dem wiederholten Erhitzen und Abkühlen. Dieser Umstand ist dadurch veranlaßt, daß das Blei bei 250 C° so außerordentlich weich wurde, daß der Streifen unter geringster Berührung seine Form änderte und schon die Reibung in der Auflagefläche hinreichte,

das Biegen unter dem Wärmewechsel zu beeinflussen. Der Streifen wurde schließlich windschief, d. h. er zeigte auf der einen Seite einen ganz erheblich geringeren Krümmungshalbmesser, als auf der anderen Seite. Man kann daher auch aus den Ergebnissen der Tab. 5 und dem Verlauf der Linien Bw und Bk (Fig. 9b) nur folgern, daß die Erwärmung bei dem kaltgebogenen Bleistreifen eine erheblich größere Aufbiegung zur Folge hatte, als bei dem Kupferstreifen; wie es ja auch mit Rücksicht auf die größere Wärmeausdehnungszahl des Bleies gegenüber derjenigen des Kupfers nicht anders erwartet werden konnte. Ob aber aus

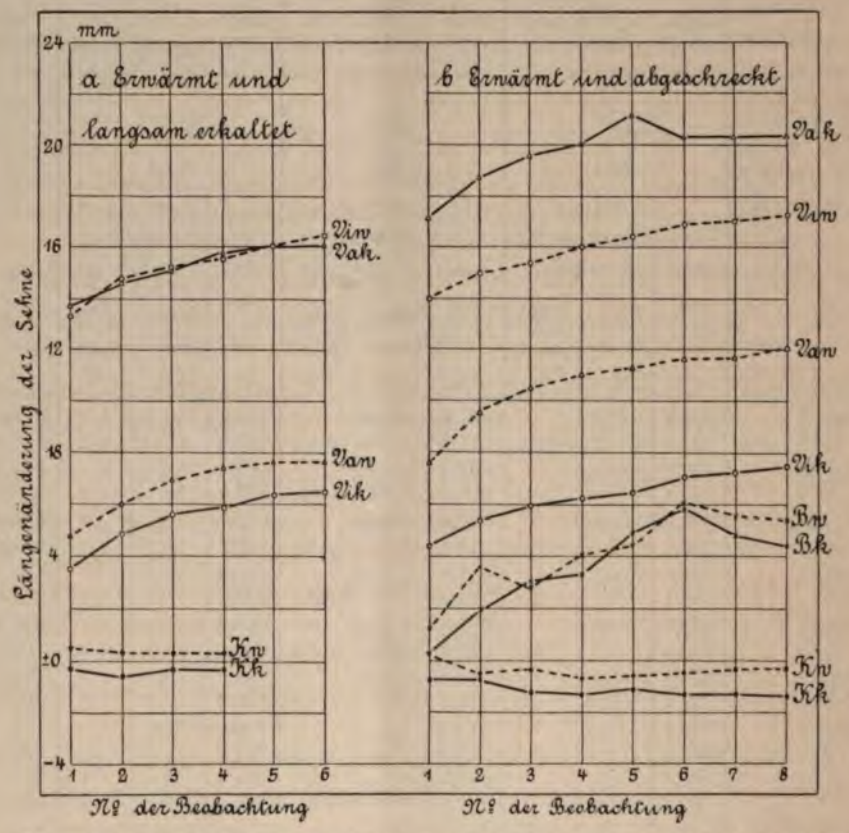


Fig. 9. Einfluß des wiederholten Erhitzens auf 250 C° und hierauf folgenden langsamen Erkaltens auf die Sehnenlänge kalt gebogener Streifen.

K = Kupfer; B = Blei; V = Verbundblech; a = Blei außen; i = Blei innen; W = im erhitzten Zustande; k = im kalten Zustande.

dem annähernden Zusammenfallen der beiden Linien Bw und Bk (Fig. 9b) geschlossen werden kann, daß der Bleiring die Krümmung, welche er bei 250 C° angenommen hatte, schließlich auch beim Erkalten beibehielt oder ob das hierauf hindeutende Ergebniß nur eine Folge der unzureichenden freien Beweglichkeit der Probe war, muß dahingestellt bleiben, weil es nicht ausgeschlossen ist, daß der Bleistreifen, welcher auf einem Siebe liegend in die Oelbäder eingeführt wurde, durch die Reibung in der Auflagefläche in seiner freien Federung merklich beeinträchtigt war.

Ferner wird man nicht fehlgehen, wenn man aus dem ansteigenden Verlauf der Linie Bw (Fig. 9b) schließt, daß der Einfluß der Erwärmung auf die Veränderung der Sehnen-

länge bei dem kaltgebogenen Bleistreifen erst nach mehrmaligem Erwärmen seinen höchsten Werth erreichte.

Die Verbundbleche verhielten sich in beiden neueren Versuchsreihen vollständig übereinstimmend mit den früher geprüften Streifen, d. h. die Erweiterung des Bogens in Folge des Erhitzens war bei den Proben mit dem Bleibelag auf der Innenseite des Bogens größer, als bei den Proben mit dem Belag auf der Außenseite; auch nahm diese Erweiterung bei den ersteren (Blei innen) durch das Erkalten wieder ab, bei den anderen (Blei außen) dagegen noch zu.

Bei wiederholtem Erhitzen nahm die Erweiterung anfänglich zu und schien erst später konstant zu werden, während der mit dem Wärmewechsel verbundene Unterschied in der Sehnenlänge von gleich an als konstant zu erachten ist.

Wenn nun die beobachteten Erscheinungen in den vorstehenden Erörterungen ihre vollbegründete Erklärung gefunden haben, so erübrigt es noch, darauf hinzuweisen, daß es sich wohl empfiehlt, das verschiedenartige Verhalten des Verbundbleches je nach der Richtung seiner Biegung bei der praktischen Verwendung zu berücksichtigen. Würde man aus den Blechen Gefäße fertigen, welche an einer Stelle vasenartig ausgebaucht und dahinter wieder eingezogen sind, bei denen also eine Biegung mit dem Bleibelag auf der Innenseite des Bogens unmittelbar an eine Biegung im umgekehrten Sinne sich anschließt, so würde hiermit beim Erhitzen des Gefäßes ein ständiges Hinundherbiegen des Bleches verbunden sein, welches zu Brüchen im Material führen könnte, jedenfalls aber eine gute Dichtung sehr erschweren würde.

C. Ergebnisse der Zugversuche.

Bei Besprechung der Ergebnisse der Zugversuche ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Probematerialien verschiedenen Lieferungen entstammen und, daß daher nicht ohne Weiteres angenommen werden kann, daß die zu den Verbundblechen verarbeiteten Kupferbleche vorher gleiche Festigkeitseigenschaften besaßen. Demgemäß sind auch die Ergebnisse für beide Probensendungen oder Versuchsreihen in gesonderten Tabellen zusammengestellt.

Die Tab. 6—11 enthalten die Werthe für die Dehnungen bei wachsender Belastung bis zur Streckgrenze, die Tab. 12—15 die Werthe für die Zunahme dieser Dehnung für gleiche Laststufen, die Tab. 16 und 17 die Schlußergebnisse aus den Zugversuchen, d. h. die Werthe für die Spannungen an der Streckgrenze und Bruchgrenze sowie für die Bruchdehnung, und Tab. 18 schließlich die an dem Verbundblech V_2 für die beiden Bleibeläge gesondert festgestellten Bruchdehnungen (vergl. S. 78).

In den Tab. 9—11, 14, 15 und 17, in welchen die Ergebnisse für die Proben der zweiten Lieferung zusammengestellt sind, wurden für die als „Längsproben" und „Querproben" bezeichneten Abschnitte getrennte Mittelwerthe gebildet. Wie sich aus einem Vergleich dieser Mittelwerthe ergiebt, bestehen geringe Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften nach beiden Richtungen der Probenentnahme. So sind z. B. nach Tab. 9 die Dehnungen innerhalb der Streckgrenze sowohl bei dem reinen Kupferblech, als auch bei dem vom zweiseitigen Bleibelage befreiten Kupferblech an den Querproben stets größer befunden als an den Längsproben. Ferner zeigen nach Tab. 17 die Längsproben fast durchgängig höhere Bruchfestigkeiten als die Querproben. Da indessen an diesen Werthen nicht sicher festgestellt werden kann, ob bei allen Blechen die als „Längsproben" bezeichneten Abschnitte thatsächlich parallel zur Walzrichtung und die „Querproben" senkrecht zu der letzteren, oder ob überhaupt die gleichartig benannten Streifen wenigstens in gleicher Richtung zum Walzenlauf gelegen hatten, so war es zum

Tabelle 6. Dehnungen des Kupferbleches der ersten Probensendung.

Material	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 3)	Querschnitt qmm	Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnung in 0,0001 mm für 100 mm Meßlänge, beobachtet den nachstehend angegebenen Belastungen in kg und ergänzt die Dehnung für die Anfangsbelastung									
						50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
Reines Kupferblech K_1	Zimmerwärme	1	40,0	25	60	125	187	262	351	473	623	814	1076	1403	1793
		3	42,4		77	154	231	313	393	480	582	690	811	998	1209
		5	40,0		88	187	266	354	443	530	621	720	843	888	1081
		Mittel	**40,8**		**75**	**155** *1,22*[1])	**228** *1,84*	**310** *2,45*	**396** *3,06*	**495** *3,68*	**609** *4,29*	**742** *4,90*	**911** *5,51*	**1131** *6,12*	**1396** *6,74*
	250 C°	2	40,4		100	214	302	399	495	613	771	969	1303	1919	—
		4	40,0		—	Die Beobachtungen waren unzuverlässig und sind daher nicht mit aufgefü									
		6	40,0		40	84	139	202	300	377	477	640	934	1419	2476
		Mittel	**40,1**		**70**	**149** *1,24*[1])	**221** *1,87*	**300** *2,49*	**398** *3,12*	**495** *3,74*	**624** *4,37*	**805** *4,99*	**1119** *5,00*	**1669** *5,62*	—

[1]) Diese in liegender Schrift gegebenen Zahlenreihen bedeuten die aus dem mittleren Querschnitt und den oben angegebenen Laststufen berechneten mittleren Spannungen in kg/qmm, für welche die darüber stehenden Dehnungswerthe gelten.

Tabelle 8. Dehnungen des Verbund-

Material	Wärmezustand	Werthe für	Nr. des Stabes (s. Fig. 4)	Querschnitt in qmm			Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnung in	
				Blei	Kupfer	Gesammt			50	75
Kupferblech mit einseitigem Bleibelag	Zimmerwärme	a) Kupferseite	13	140,8	40,8	181,6	25	+ 60	105	163
			15	142,1	40,6	182,7	25	18	40	66
			17	144,9	41,4	186,3	25	33	76	133
			Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**	**25**	**37**	**74**	**121**
		b) Bleiseite	13	140,8	40,8	181,6	25	75	137	188
			15	142,1	40,6	182,7	25	− 10	− 18	− 20
			17	144,9	41,4	186,3	25	+ 15	+ 29	47
			Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**	**25**	**27**	**49**	**72**
		c) Mittlere Dehnung	13	140,8	40,8	181,6	25	68	121	176
			15	142,1	40,6	182,7	25	4	11	24
			17	144,9	41,4	186,3	25	24	53	90
			Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**	**25**	**32**	**62**	**97**
	250 C°	a) Kupferseite	14	140,1	40,6	180,7	25	60	125	195
			16	150,2	40,6	190,8	25	90	182	295
			18	151,7	41,0	192,7	25	—	—	—
			Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**	**25**	**75**	**154**	**245**
		b) Bleiseite	14	140,1	40,6	180,7	25	− 90	−140	−135
			16	150,2	40,6	190,8	25	− 60	−128	−212
			18	151,7	41,0	192,7	25	—	—	—
			Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**	—	**− 75**	**−134**	**−174**
		c) Mittlere Dehnung	14	140,1	40,6	180,7	25	− 15	− 7	+ 30
			16	150,2	40,6	190,8	25	+ 15	+ 27	42
			18	151,7	41,0	192,7	25	—	—	—
			Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**	**25**	**± 0**	**+ 10**	**36**

Tabelle 7. **Dehnungen der Bleiproben, entnommen aus dem Verbundblech mit einseitigem Bleibelag.**

Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 4)	Querschnitt qmm	Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnung in 0,0001 mm für 100 mm Meßlänge, beobachtet bei den nachstehend angegebenen Belastungen in kg und ergänzt um die Dehnung für die Anfangsbelastung									
					20 *0,14*	30 *0,21*	40 *0,28*	50 *0,35*	60 *0,43*	70 *0,50*	80 *0,57*	90 *0,64*	100 *0,71*	110 *0,78*
Zimmerwärme	19	140	10	37	80	173	322	541	841	1275	1802	2915	5182	10082
	20	142		33	72	154	295	519	831	1317	2027	3267	5699	11239
	Mittel	**141**		**35**	**76**	**164**	**309**	**530**	**836**	**1296**	**1915**	**3091**	**5441**	**10661**

bleches der ersten Probensendung.

0,0001 mm für 100 mm Meßlänge, beobachtet bei den nachstehend angegebenen Belastungen in kg und ergänzt um die Dehnung für die Anfangslast

100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
222	282	340	406	455	525	587	653	728	810	903	1012	1148	1352
100	140	179	218	265	316	372	426	489	565	648	766	898	1120
191	248	304	360	417	481	549	623	717	840	983	1203	—	—
171	**223**	**274**	**328**	**379**	**441**	**503**	**567**	**645**	**738**	**845**	**994**	**(1023)**	**(1236)**
223	257	290	337	375	435	483	543	610	687	778	883	1017	1223
−18	− 2	+ 5	20	39	73	108	155	208	288	374	508	650	906
64	83	96	117	135	165	197	247	313	405	532	745	—	—
90	**113**	**130**	**158**	**183**	**224**	**263**	**315**	**377**	**460**	**561**	**712**	**(834)**	**(1065)**
223	270	315	372	416	480	535	598	669	749	841	948	1083	1288
41	69	92	119	152	195	240	291	349	427	511	637	774	1013
128	166	200	239	276	323	373	435	515	623	758	974	—	—
131	**168**	**202**	**243**	**281**	**333**	**383**	**441**	**511**	**600**	**703**	**853**	**(929)**	**(1151)**
270	333	392	467	551	643	786	1035	1368	2125	—	—	—	—
390	520	601	682	785	897	1045	1245	1225	1488	2058	3246	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
330	**427**	**497**	**575**	**668**	**770**	**916**	**1140**	**1297**	**1807**	—	—	—	—
− 93	− 15	85	258	382	578	780	1102	1515	2442	—	—	—	—
−272	−182	−203	−163	−130	− 2	+122	425	772	1208	1905	3468	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
−183	**− 99**	**− 59**	**+ 48**	**126**	**288**	**451**	**764**	**1144**	**1825**	—	—	—	—
89	159	239	363	467	611	783	1069	1442	2284	—	—	—	—
59	169	199	260	328	448	584	835	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	**164**	**219**	**312**	**398**	**530**	**684**	**952**	—	—	—	—	—	—

Tabelle 9. **Dehnungen der Kupfer-**

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 5 u. 6)	Querschnitt qmm	Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnung in 0,0001 mm für 50	75	100	125
Reines Kupferblech K_2	längs	Zimmerwärme	1	51,7	25	40	79	122	165	202
			2	51,2		43	87	128	181	223
			Mittel	**51,5**		**42**	**83**	**125**	**173**	**212**
	quer		3	51,7		42	87	128	169	213
			4	51,5		42	82	126	174	215
			Mittel	**51,6**		**42**	**84**	**127**	**172**	**214**
	längs	250 C°	5	52,3		51	101	164	205	252
			6	52,3		53	105	147	203	257
			Mittel	**52,3**		**52**	**103**	**155**	**204**	**255**
	quer		7	52,3		50	107	174	262	350
			8	52,3		50	110	183	290	328
			Mittel	**52,3**		**50**	**109**	**178**	**276**	**339**
Aus Verbundblech mit zweiseitigem Belag	längs	Zimmerwärme	17	37,3	25	41	83	134	189	247
			18	37,3		61	122	174	235	291
			Mittel	**37,3**		**51**	**103**	**154**	**212**	**269**
	quer		19	34,3		57	126	175	235	297
			20	35,6		57	124	178	243	303
			Mittel	**35,0**		**57**	**125**	**177**	**239**	**300**
Reines Blech	Zimmerwärme			51,6	—	σ 42	*0,97*[1]) 84	*1,46* 126	*1,94* 173	*2,43* 213
	bei 250 C°			52,3	—	σ 51	*0,96* 106	*1,43* 167	*1,91* 240	*2,39* 297
aus dem Verbundblech	Zimmerwärme			36,2	—	σ 54	*1,38* 114	*2,07* 166	*2,77* 226	*3,45* 285

[1]) Diese in liegender Schrift gegebenen Zahlenreihen bedeuten die aus dem mittleren Querschnitt und den oben angegebenen

Tabelle 10. **Dehnungen der Bleiproben, entnommen**

Probe, entnommen zur Walzrichtung	Probe, entnommen aus der Blechseite	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 6)	Querschnitt qmm	Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnungen 5 *0,1*	Die
längs	rechts	Zimmerwärme	17 R	(54,0)	1,0	—		
			18 R	52,5		7	36	
			Mittel	**52,5**		**7**	**36**	
	links		17 L	45,0		12	62	
			18 L	60,0		8	39	
			Mittel	**52,5**		**10**	**51**	
quer	rechts		19 R	51,0		7	52	
			20 R	47,8		6	45	
			Mittel	**49,4**		**7**	**49**	
	links		19 L	48,0		9	55	
			20 L	48,0		7	39	
			Mittel	**48,0**		**8**	**47**	
Mittlere Dehnungen in 0,0001 mm			rechts				44	
			links				49	
						Gesammt-Mittel	**47**	

bleche der zweiten Probensendung.

100 mm Meßlänge, beobachtet bei den nachstehend angegebenen Belastungen in kg und ergänzt um die Dehnung für die Anfangslast

150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475
244	283	326	368	413	467	517	587	647	704	784	879	993	1128
262	306	350	395	444	513	601	744	983	1406	2209	3559	—	—
253	**295**	**338**	**382**	**429**	**490**	**559**	**665**	**815**	**1055**	**1497**	**2219**	**(993)**	**(1128)**
253	298	344	394	441	505	581	662	722	793	928	1060	1209	1047
258	316	385	453	521	604	730	915	1206	1772	3087	4967	—	—
256	**307**	**365**	**424**	**481**	**555**	**655**	**789**	**964**	**1283**	**2008**	**3014**	**(1209)**	**(1047)**
303	351	401	486	605	806	1106	1866	—	—	—	—	—	—
311	381	446	531	630	778	987	1295	—	—	—	—	—	—
307	**366**	**424**	**509**	**618**	**792**	**1047**	**1581**	—	—	—	—	—	—
433	520	585	668	748	843	940	1085	1190	1403	1038	2100	—	—
405	480	570	675	815	960	1155	1433	1905	—	—	—	—	—
419	**500**	**583**	**672**	**782**	**902**	**1048**	**1259**	**1548**	**(1403)**	**(1038)**	**(2100)**	—	—
318	397	501	622	748	896	1119	1495	2358	—	—	—	—	—
350	413	483	583	681	813	993	1307	2188	4101	—	—	—	—
334	**405**	**492**	**603**	**715**	**855**	**1056**	**1401**	**2273**	**(4101)**	—	—	—	—
363	435	522	631	767	989	1482	2723	5170	—	—	—	—	—
363	431	514	729	807	896	1203	1823	3317	6130	—	—	—	—
363	**433**	**518**	**680**	**787**	**943**	**1343**	**2273**	**4244**	**(6130)**	—	—	—	—
2,92	*3,40*	*3,89*	*4,83*	*4,86*	*5,34*	*5,82*	*6,30*	*6,78*	*7,26*	*7,75*	*8,24*		
255	301	352	403	455	523	607	727	890	1169	1753	2617	—	—
2,87	*3,35*	*3,83*	*4,31*	*4,78*	*5,26*	*5,74*	*6,22*						
363	433	504	591	700	847	1048	1420	—	—	—	—	—	—
4,14	*4,83*	*5,52*	*6,24*	*6,90*	*7,59*	*8,28*	*8,97*	*9,66*					
349	419	505	642	751	899	1200	1837	3259	—	—	—	—	—

Laststufen berechneten mittleren Spannungen in kg/qmm, für welche die darunterstehenden Dehnungen gelten.

aus dem Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag.

in 0,0001 mm für 100 mm Meßlänge, beobachtet bei den folgenden Belastungen in kg und ergänzt um die Dehnung für die Anfangslast

10 *0,2*	15 *0,3*	20 *0,4*	25 *0,5*	30 *0,6*	35 *0,7*	40 *0,8*	45 *0,9*
Feinmeßapparate arbeiteten unzuverlässig.							
82	135	213	313	475	807	1805	4930
82	**135**	**213**	**313**	**475**	**807**	**1805**	**4930**
123	192	271	389	683	1535	5550	—
96	137	195	250	317	431	638	1230
110	**165**	**233**	**320**	**500**	**983**	**3094**	—
115	191	274	385	589	1289	4750	—
93	148	212	292	421	777	2210	—
104	**170**	**243**	**339**	**505**	**1038**	**3480**	—
114	181	256	356	519	913	2480	7210
100	174	257	349	465	654	1230	3290
107	**178**	**257**	**353**	**492**	**789**	**1855**	**5250**
97	158	233	330	495	958	2922	—
109	171	247	336	496	883	2475	—
103	**165**	**240**	**333**	**496**	**921**	**2700**	—

Tabelle 11. Dehnungen der Verbundbleche

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 6 u. 7)	Querschnitt in qmm			Anfangsbelastung kg	Der Anfangsbelastung entsprechende Dehnung 0,0001 mm	Dehnung in 0,0001 mm				
				Blei	Kupfer	Gesammt			50	100	150	200	250
Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	längs	Zimmerwärme	9	179	39,8	218,8	25	20	43	92	153	218	287
			10	199	39,8	238,8	50	43	43	90	135	186	255
			13	191	40,3	231,3	50	53	53	112	170	230	294
			14	196	39,8	235,8	50	40	40	90	153	220	300
			Mittel	**191**	**39,9**	**230,9**	—	—	**45**	**96**	**153**	**214**	**284**
	quer		11	182	40,0	222,0	50	67	67	145	234	333	434
			12	185	39,8	224,8	50	33	33	81	120	167	220
			15	186	40,3	226,3	50	73	73	160	246	328	434
			16	184	39,8	223,8	50	53	53	115	187	264	347
			Mittel	**184**	**39,9**	**223,9**	—	—	**57**	**125**	**197**	**273**	**359**
	längs	250 C°	33	202	40,5	242,5	25	43	96	222	367	527	740
			34	194	40,5	234,5	25	33	77	205	415	592	820
			Mittel	**198**	**40,5**	**238,5**	—	—	**87**	**214**	**391**	**560**	**780**
	quer		35	188	40,3	228,3	25	33	87	270	377	610	780
			36	194	40,3	234,3	25	47	107	252	416	607	845
			Mittel	**191**	**40,3**	**231,3**	—	—	**97**	**261**	**397**	**609**	**813**
Verbundblech, Doppelblech mit Bleizwischenlage	längs	Zimmerwärme	21	89	80,0	**169,0**	50	43	43	87	136	179	225
			25	85	80,0	**165,0**	50	47	47	93	142	189	239
			Mittel	**87**	**80,0**	**167,0**	—	—	**45**	**90**	**139**	**184**	**232**
	quer		23	87	80,6	167,6	50	43	43	90	135	184	230
			27	85	80,6	165,6	50	43	43	91	135	178	225
			Mittel	**86**	**80,6**	**166,6**	—	—	**43**	**91**	**135**	**181**	**228**
	längs	250 C°	22	68	80,6	**148,6**	25	—	67	143	227	317	400
			26	67	80,6	**147,6**	25	—	67	144	220	281	369
			Mittel	**68**	**80,6**	**148,6**	—	—	**67**	**144**	**224**	**299**	**385**
	quer		24	74	80,0	154,0	25	26	52	105	178	245	325
			28	74	80,0	154,0	25	27	57	144	251	326	416
			Mittel	**74**	**80,0**	**154,0**	—	—	**55**	**125**	**215**	**286**	**371**
Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	Zimmerwärme . .		Mittel	**188**	**39,9**	**227,9**	—	—	**51**	**111**	**175**	**244**	**322**
	bei 250 C° . . .		Mittel	**195**	**40,4**	**235,4**	—	—	**92**	**235**	**394**	**585**	**797**
Doppelblech mit Bleizwischenlage	Zimmerwärme . .		Mittel	**86,5**	**80,3**	**165,8**	—	—	**44**	**91**	**137**	**183**	**230**
	bei 250 C° . . .		Mittel	**71**	**80,3**	**151,3**	—	—	**61**	**135**	**220**	**293**	**378**

V_2 und V_3 der zweiten Probensendung.

für 100 mm Meßlänge, beobachtet bei den nachstehend angegebenen Belastungen in kg und ergänzt um die Dehnung für die Anfangslast

300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
368	447	542	657	757	915	1023	1405	2100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
343	465	650	935	2610	3850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
385	484	607	800	1207	2170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
394	506	660	893	1429	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
373	**476**	**615**	**821**	**1501**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
535	674	827	1020	1309	1868	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
318	494	920	2118	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
567	740	1003	1550	2800	6475	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
436	547	727	1110	2270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
464	**614**	**869**	**1450**	**2126**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1050	1850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1114	1550	2570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1082	**1700**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
960	1253	1670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1118	1700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1039	**1476**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
274	318	369	417	475	525	583	647	710	778	863	949	1051	1145	1272	1419	1623	1990
294	346	397	456	517	587	661	732	809	893	1002	1144	1328	1569	2068	3173	—	—
284	**332**	**383**	**437**	**496**	**556**	**622**	**690**	**760**	**835**	**933**	**1047**	**1190**	**1357**	**1670**	**2296**	—	—
277	329	382	431	489	551	613	674	739	815	896	974	1069	1176	1279	1417	1584	1791
276	329	382	429	491	550	615	685	763	848	938	1047	1191	1360	1590	1965	2710	4383
277	**329**	**382**	**430**	**490**	**551**	**614**	**680**	**751**	**832**	**917**	**1011**	**1130**	**1268**	**1435**	**1691**	**2147**	**3087**
483	573	683	810	973	1217	1619	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
443	540	667	833	1083	1580	2939	4650	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
463	**556**	**675**	**822**	**1028**	**1399**	**2279**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
401	491	588	695	834	1005	1284	1715	2545	4350	—	—	—	—	—	—	—	—
501	587	686	832	1060	1733	3020	5260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
451	**539**	**637**	**764**	**947**	**1369**	**2152**	**3488**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
419	**545**	**742**	**1136**	**1818**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1061	**1588**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
281	**331**	**383**	**433**	**493**	**554**	**618**	**685**	**756**	**834**	**925**	**1029**	**1160**	**1313**	**1553**	**1994**	—	—
457	**548**	**656**	**793**	**988**	**1384**	**2216**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 12. Dehnungszunahme bei stufenweise gesteigerter Belastung für das Kupferblech der ersten Probensendung und die aus dem Verbundblech mit einseitigem Belag entnommenen Bleiproben.

Material	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 3 u. 4)	Querschnitt qmm	Dehnungszuwachs in 0,0001 mm für je 25 bez. 10 kg Belastungszunahme und 100 mm Meßlänge										Bemerkungen
	Belastungen in kg			*50*	*75*	*100*	*125*	*150*	*175*	*200*	*225*	*250*	*275*	*300*	
Kupferblech	Zimmerwärme	1	40,0	65	62	75	89	122	150	191	262	327	390	473	Der Kupferstab Nr. 4 wurde versehentlich zu Beginn d. Versuches überlastet, ohne daß die erreichte höchste Belastung ermittelt wurde. Die Dehnungswerthe sind daher unzuverlässig und nicht mit aufgeführt.
		3	42,4	77	77	82	80	87	102	108	121	187	211	493	
		5	40,0	99	79	88	89	87	91	99	123	145	193	420	
		Mittel	**40,8**	**80**	**73**	**82**	**86**	**99**	**114**	**133**	**169**	**220**	**265**	**462**	
	250 C°	2	40,4	114	88	97	96	118	158	198	334	616	—	—	
		4	40,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		6	40,0	44	55	63	98	77	100	163	294	485	1057	—	
		Mittel	**40,1**	**79**	**72**	**80**	**97**	**98**	**129**	**181**	**314**	**551**	**1057**	—	
	Belastungen in kg			*20*	*30*	*40*	*50*	*60*	*70*	*80*	*90*	*100*	*110*	—	
Blei	Zimmerwärme	19	140,0	43	93	149	219	300	434	527	1113	2267	4900	—	
		20	142,0	39	82	141	224	312	486	710	1240	2432	5540	—	
		Mittel	**141,0**	**41**	**88**	**145**	**222**	**306**	**460**	**619**	**1177**	**2349**	**5220**	—	

einwandfreien Vergleich der für die verschiedenen Bleche erhaltenen Ergebnisse geboten, sämmtliche für ein und dasselbe Blech und für denselben Wärmezustand erhaltenen Einzelwerthe zu gemeinsamen Mittelwerthen zusammenzufassen und diese als Grundlagen für den Vergleich zu benutzen.

Die sich hierbei aus Tab. 17 ergebenden Mittelwerthe sind zur besseren Uebersicht in Tab. 19 gesondert aufgeführt. Den übrigen Tabellen sind am Schluß Mittelwerthe angefügt, welche die Längs- und Querproben zusammenfassen.

Zu den Tab. 6—11 bleibt ferner zu erörtern, daß die Dehnungen nicht vom belastungsfreien Zustande an beobachtet werden konnten, weil die Meßapparate unter einer bestimmten Anfangsbelastung des Stabes auf Null eingestellt werden müssen. Um trotzdem die wirklichen Gesammtdehnungen zu ermitteln, sind die Dehnungswerthe für die Steigerung der Belastung von Null bis zur Anfangslast durch Extrapolation aus den Beobachtungswerthen abgeleitet und zu den letzteren hinzugerechnet. In den Tabellen sind die durch Extrapolation erhaltenen Werthe unter der Bezeichnung „der Anfangslast entsprechende Dehnung" mit aufgeführt.

1. Einfluß der Erwärmung auf die Festigkeit und Dehnung.

Die Dehnung für gleiche Spannungen innerhalb der Streckgrenze ist nach den Mittelwerthen der Tab. 6—11 sowohl bei den Kupferblechen, als auch bei den Verbundblechen durch die Erwärmung der Proben auf 250 C° vergrößert.[1]) Bei den Proben der zweiten

[1]) Da die Querschnitte der bei beiden Wärmegraden geprüften Proben desselben Materials annähernd gleich groß waren, so können die für gleiche Belastungen erhaltenen Dehnungen unmittelbar verglichen werden, ohne daß die Belastungen zuvor in Spannungen umgerechnet werden.

Lieferung (Tab. 9 und 11) tritt dieser Einfluß von der geringsten Belastung ab zu Tage, bei beiden Blechen der ersten Lieferung (Tab. 6 und 8) dagegen erst bei höheren Spannungen.

Die Bruchdehnung sowie die Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch sind durch die Erwärmung vermindert (vergl. Mittelwerthe Tab. 16 und 19). Setzt man die bei Zimmerwärme erhaltenen Werthe gleich 100, so ergeben sich die in Tab. 20 zusammengestellten Verhältnißzahlen für den erhitzten Zustand.

Nach diesen Verhältnißzahlen ist die Festigkeit der Verbundbleche durch die Erwärmung auf 250 C° in stärkerem Grade beeinträchtigt, als die Festigkeit der Kupferbleche ohne Bleibelag und unter den Verbundblechen wieder am meisten bei dem Doppelkupferblech mit Bleizwischenlage und am wenigsten bei dem Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag.

2. Einfluß der Verbindung beider Metalle (Kupfer und Blei) auf deren Dehnbarkeit.

Um den Einfluß der Verbindung beider Metalle auf deren Bruchdehnung im Verbundblech übersichtlich darzustellen, sind die Mittelwerthe, welche sich für die Bruchdehnungen der Kupferbleche ohne Bleibelag und für die den Verbundblechen entnommenen Bleistreifen, d. h. für die reinen Metalle ergaben (s. Tab. 16—18), denjenigen mittleren Bruchdehnungen in Tab. 21 gegenübergestellt, welche durch getrennte Messungen an den Verbundblechen für deren kupfernen und bleiernen Bestandtheil erhalten waren. Zugleich sind der Tab. 21 Verhältnißzahlen beigefügt, welche angeben, in welchem Verhältniß die vorgenannten, für das gleiche Material unter verschiedenen Umständen ermittelten Bruchdehnungen zu einander stehen, wobei immer die für das reine Material erhaltenen Werthe gleich 100 gesetzt wurden.

Aus diesen Verhältnißzahlen ergiebt sich, daß die Dehnung des Kupfers durch dessen Verbindung mit dem Blei in beiden Verbundblechen abgenommen hat, während die Dehnung des Bleibelages durch dessen Verbindung mit dem Kupfer zugenommen hat.

Die Begründung hierfür wird wie folgt gegeben werden können. Bei den Versuchen mit den reinen Materialien gehen die Proben dort zu Bruch, wo ihr Querschnitt geringster Festigkeit liegt, ohne daß die Dehnbarkeit in den übrigen Querschnitten vollständig erschöpft ist. Hierbei wird der Ueberschuß an Dehnbarkeit der letzteren um so größer sein, je ungleichmäßiger und vor Allem je fehlerhafter das Material im Bruchquerschnitt ist.

Sind dagegen, wie bei den Verbundblechen, gleichsam zwei Stäbe der ganzen Länge nach fest mit einander verbunden, so können sich die Mängel in den einzelnen Querschnitten beider Stäbe dadurch mehr oder weniger ausgleichen, daß die festeren Querschnitte des einen Stabes mit den schwächeren des anderen zusammenfallen. Bei vollkommenem Ausgleich werden dann (abgesehen von dem Einfluß der Köpfe des Stabes) alle Querschnitte des ganzen Stabes gleiche Festigkeit besitzen. In diesem Falle wird aber auch die Dehnbarkeit aller Querschnitte beim Zugversuch nahezu erschöpft sein, wenn der Bruch an irgend einer Stelle eintritt, und somit der denkbar größte Werth für die Bruchdehnung erreicht werden.

Haben nun die beiden mit einander verbundenen Materialien einen verschiedenen Gleichförmigkeitsgrad, so wird der besprochene günstige Einfluß der festen Verbindung beider unter einander sich naturgemäß bei demjenigen Material am meisten bemerkbar machen, welches am wenigsten gleichförmig ist.

Nach den Angaben über das Bruchaussehen sind die Bleistreifen mit theilweise erheblichen Fehlern im Querschnitt behaftet, während die kupfernen Bruchflächen durchweg ein sehr gleich-

Tabelle 13. Dehnungszunahme bei stufenweise gesteigerter

Material	Wärmezustand	Nr. des Stabes (s. Fig. 4)	Querschnitt in qmm			Werthe für	Dehnungszuwachs in			
			Blei	Kupfer	Gesammt		50	75	100	125
Kupferblech mit einseitigem Bleibelag	Zimmerwärme	13	140,8	40,8	181,6	a) Kupferseite	45	58	59	60
		15	142,1	40,6	182,7		22	26	34	40
		17	144,9	41,4	186,3		43	57	58	57
		Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**		**37**	**47**	**50**	**52**
		13	140,8	40,8	181,6	b) Bleiseite	62	51	35	34
		15	142,1	40,6	182,7		−8	−2	+2	+16
		17	144,9	41,4	186,3		+14	18	17	19
		Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**		**+23**	**22**	**18**	**23**
		13	140,8	40,8	181,6	c) Mittlere Dehnung	54	55	47	47
		15	142,1	40,6	182,7		7	13	18	28
		17	144,9	41,4	186,3		29	38	38	38
		Mittel	**142,6**	**40,9**	**183,5**		**30**	**35**	**34**	**38**
	250 C°	14	140,1	40,6	180,7	a) Kupferseite	65	70	75	63
		16	150,2	40,6	190,8		92	113	95	130
		18	151,7	41,0	192,7		—	—	—	—
		Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**		**79**	**92**	**85**	**97**
		14	140,1	40,6	180,7	b) Bleiseite	−50	+5	+42	78
		16	150,2	40,6	190,8		−68	−84	−60	+90
		18	151,7	41,0	192,7		—	—	—	—
		Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**		**−59**	**−40**	**−9**	**+84**
		14	140,1	40,6	180,7	c) Mittlere Dehnung	8	38	59	71
		16	150,2	40,6	190,8		12	15	18	110
		18	151,7	41,0	192,7		—	—	—	—
		Mittel	**147,3**	**40,7**	**188,1**		**10**	**26**	**38**	**91**

Tabelle 14. Dehnungszunahme bei stufenweise gesteigerter

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 5 u. 6)	Querschnitt qmm	Dehnungszuwachs in $\frac{1}{10000}$ mm für					
					25	50	75	100	125	150
Reines Kupferblech	längs	Zimmerwärme	1	51,7	40	39	43	43	37	42
			2	51,2	43	44	41	53	42	39
			Mittel	**51,5**	**42**	**42**	**42**	**48**	**40**	**41**
	quer		3	51,7	42	45	41	41	44	40
			4	51,5	42	40	44	48	41	43
			Mittel	**51,6**	**42**	**43**	**43**	**45**	**43**	**42**
	längs	250 C°	5	52,3	51	50	63	41	47	51
			6	52,3	53	52	42	56	54	54
			Mittel	**52,3**	**52**	**51**	**53**	**49**	**51**	**53**
	quer		7	52,3	50	57	67	88	88	83
			8	52,3	50	60	73	(107)	(38)	77
			Mittel	**52,3**	**50**	**59**	**70**	**(98)**	**(63)**	**80**
Aus Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	längs	Zimmerwärme	17	37,3	41	42	51	55	58	71
			18	37,3	61	61	52	61	56	59
			Mittel	**37,3**	**51**	**52**	**52**	**58**	**57**	**65**
	quer		19	34,3	57	69	49	60	62	66
			20	35,6	57	67	54	65	60	60
			Mittel	**35,0**	**57**	**68**	**52**	**62**	**61**	**63**

Belastung für das Verbundblech der ersten Probensendung.

0,0001 mm für je 25 kg Belastungszunahme und 100 mm Meßlänge bei den nachstehenden Belastungen in kg

150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
58	66	49	70	62	66	75	82	93	109	136	204
39	39	47	51	56	54	63	76	83	118	132	222
56	56	57	64	68	74	94	123	143	220	—	—
51	**54**	**51**	**62**	**62**	**65**	**77**	**94**	**106**	**149**	**134**	**213**
33	47	38	60	48	60	67	77	91	105	134	206
+ 7	15	19	34	35	47	53	80	86	134	142	256
13	21	18	30	32	50	66	92	127	213	—	—
18	**28**	**25**	**41**	**38**	**52**	**62**	**83**	**101**	**151**	**138**	**231**
46	57	44	65	55	63	71	80	92	107	135	205
24	27	33	43	46	51	58	78	85	126	137	239
35	39	38	47	50	62	80	108	135	217	—	—
35	**41**	**38**	**52**	**50**	**59**	**70**	**89**	**104**	**150**	**136**	**222**
59	75	84	92	143	249	333	757	—	—	—	—
81	81	103	112	148	200	− 20	263	570	1188	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	**78**	**94**	**102**	**146**	**225**	—	—	—	—	—	—
100	173	124	196	202	322	413	927	—	—	—	—
− 21	+ 40	33	128	124	303	347	436	687	1563	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 40	**107**	**79**	**162**	**163**	**313**	**380**	**682**	—	—	—	—
80	124	104	144	173	286	373	842	—	—	—	—
30	61	68	120	136	252	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	**93**	**86**	**132**	**155**	**269**	—	—	—	—	—	—

Belastung für die Kupferbleche der zweiten Probensendung.

je 25 kg Belastungszunahme gemessen auf 100 mm und bei den folgenden Belastungen in kg

175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
39	43	42	45	54	50	70	60	57	80	95	114
44	44	45	49	69	88	143	239	423	803	1350	—
42	**44**	**44**	**47**	**62**	**69**	**107**	**150**	**240**	**442**	**723**	**(114)**
45	46	50	47	64	76	81	60	71	135	132	209
58	69	68	68	83	126	185	291	566	1315	1880	—
52	**58**	**59**	**58**	**74**	**101**	**133**	**175**	**319**	**725**	**1006**	**(209)**
48	50	85	119	201	300	760	—	—	—	—	—
70	65	85	99	148	209	308	—	—	—	—	—
59	**58**	**85**	**109**	**175**	**255**	**534**	—	—	—	—	—
87	65	83	80	95	97	145	105	213	235	462	—
75	90	105	140	145	195	278	472	—	—	—	—
81	**78**	**94**	**110**	**120**	**146**	**212**	**289**	**(213)**	**(235)**	**(462)**	—
79	104	121	126	148	223	376	863	—	—	—	—
63	70	100	98	132	180	314	881	1913	—	—	—
71	**87**	**111**	**112**	**140**	**201**	**345**	**872**	**(1913)**	—	—	—
72	87	109	136	222	493	1241	2447	—	—	—	—
68	83	215	78	89	307	620	1494	2813	—	—	—
70	**85**	**162**	**107**	**156**	**400**	**931**	**1971**	**(2813)**	—	—	—

Tabelle 15. Dehnungszunahme bei stufenweise gesteigerter Belastung

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 6 u. 7)	Querschnitt in qmm			Dehnungszuwachs in					
				Blei	Kupfer	Gesammt	50	100	150	200	250	300
Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	längs	Zimmerwärme	9	179	39,8	218,8	43	49	61	65	69	81
			10	199	39,8	238,8	43	47	45	51	69	88
			13	191	40,3	231,3	53	59	58	60	64	91
			14	196	39,8	235,8	40	50	63	67	80	94
			Mittel	**191**	**39,9**	**231,0**	**45**	**51**	**57**	**61**	**71**	**89**
	quer		12	182	40,0	222,0	67	78	89	99	101	101
			15	185	39,8	224,8	33	48	39	47	53	98
			15	186	40,3	226,3	73	87	86	82	106	133
			16	184	39,8	223,8	53	62	72	77	83	89
			Mittel	**184**	**39,9**	**224,0**	**57**	**69**	**72**	**76**	**86**	**105**
	längs	250 C°	33	202	40,5	242,5	96	126	145	160	213	310
			34	194	40,5	234,5	77	128	210	177	228	294
			Mittel	**198**	**40,5**	**239,0**	**87**	**127**	**178**	**169**	**221**	**302**
	quer		35	188	40,3	228,3	87	183	107	233	170	180
			36	194	40,3	234,3	107	145	164	191	238	273
			Mittel	**191**	**40,3**	**231,0**	**97**	**164**	**136**	**212**	**204**	**227**
Verbundblech, Doppelblech mit Bleizwischenlage	längs	Zimmerwärme	21	89	80,0	169,0	43	44	49	43	46	49
			25	85	80,0	165,0	47	46	49	47	50	55
			Mittel	**87**	**80,0**	**167,0**	**45**	**45**	**49**	**45**	**48**	**52**
	quer		23	87	80,6	167,6	43	47	45	49	46	47
			27	85	80,6	165,6	43	48	44	43	47	51
			Mittel	**86**	**80,6**	**167,0**	**43**	**48**	**45**	**46**	**47**	**49**
	längs	250 C°	22	68	80,6	148,6	67	76	84	90	83	83
			26	67	80,6	147,6	67	77	76	61	88	74
			Mittel	**68**	**80,6**	**148,0**	**67**	**77**	**80**	**76**	**86**	**79**
	quer		24	74	80,0	154,0	52	53	73	67	80	76
			28	74	80,0	154,0	57	87	107	75	90	85
			Mittel	**74**	**80,0**	**154,0**	**55**	**70**	**90**	**71**	**85**	**81**
Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	Zimmerwärme . .		**Mittel**	**188**	**39,9**	**228,0**	**51**	**60**	**65**	**69**	**79**	**97**
	bei 250 C° . . .		**Mittel**	**195**	**40,4**	**235,0**	**92**	**146**	**157**	**191**	**213**	**265**
Doppelblech mit Bleizwischenlage	Zimmerwärme . .		**Mittel**	**86,5**	**80,3**	**167,0**	**44**	**47**	**47**	**46**	**48**	**51**
	bei 250 C° . . .		**Mittel**	**71**	**80,3**	**151,0**	**61**	**74**	**85**	**74**	**86**	**80**

für die Verbundbleche V_2 und V_3 der zweiten Probensendung.

0,0001 für 100 mm Meßlänge, beobachtet bei den nachstehend angegebenen Belastungen in kg

350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
79	95	115	100	158	108	382	695	—	—	—	—	—	—	—	—	—
122	185	285	1675	1240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
99	123	193	407	963	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
112	154	233	536	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
103	**139**	**207**	**680**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139	153	193	289	559	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
176	426	1198	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
173	263	547	1250	3675	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
111	180	383	1160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	**256**	**580**	**900**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
436	1020	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
618	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
293	417	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
582	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
438	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	51	48	58	50	58	64	63	68	85	86	102	94	127	147	204	367
52	51	59	61	70	74	71	77	84	109	142	184	241	499	1105	—	—
48	**51**	**54**	**60**	**60**	**66**	**68**	**70**	**76**	**97**	**114**	**143**	**168**	**313**	**626**	—	—
52	53	49	58	62	62	61	65	76	81	78	95	107	103	138	167	207
53	53	47	62	59	65	70	78	85	90	109	144	169	230	375	745	1673
53	**53**	**48**	**60**	**61**	**64**	**66**	**72**	**81**	**86**	**94**	**120**	**138**	**167**	**257**	**456**	**940**
90	110	127	163	244	402	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
97	127	166	250	497	1359	1711	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	**119**	**147**	**207**	**371**	**881**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	97	107	139	171	279	431	830	1805	—	—	—	—	—	—	—	—
86	99	146	228	673	1287	2240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
88	**98**	**127**	**184**	**422**	**783**	**1336**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127	**198**	**394**	**790**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
528	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	**52**	**51**	**60**	**61**	**65**	**67**	**71**	**79**	**92**	**104**	**132**	**153**	**240**	**442**	—	—
91	**109**	**137**	**196**	**397**	**832**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4009484

Tabelle 16. Ergebnisse der Zugversuche mit dem Material der ersten Probenlieferung.

Material	Wärmezustand	Nr. des Stabes (s. Fig. 3 und 4)	Querschnittsabmessungen			Belastungen				Bruchdehnung gemessen auf je	
						Streckgrenze		Bruchlast		50 mm	100 mm
			Breite	Dicke	Querschnitt	Gesammtlast kg	kg/qmm	Gesammtlast kg	kg/qmm	von der Bruchstelle %	
Kupferblech K_1	Zimmerwärme	1	20,0	2,0	40,0	175	4,4	990	24,8	42,1	41,7
		3	20,2	2,0	40,4	225	5,6	970	24,0	44,2	42,0
		5	20,0	2,0	40,0	225	5,6	970	24,2	40,6	38,0
		Mittel	**20,1**	**2,0**	**40,1**	**208**	**5,2**	**977**	**24,3**	**42,3**	**40,6**
	250 C°	2	20,2	2,0	40,4	150	3,7	740	18,3	42,0	37,2
		4	20,0	2,0	40,0	—	—	730	18,2	40,4	38,1
		6	20,0	2,0	40,0	150	3,8	720	18,0	36,0	33,9
		Mittel	**20,1**	**2,0**	**40,1**	**150**	**3,8**	**730**	**18,2**	**39,5**	**36,4**
Bleibelag aus dem Verbundblech V_1	Zimmerwärme	19	20,0	7,0	140,0	70	0,5	172	1,23	31,6	23,5
		20	20,0	7,1	142,0	70	0,49	179	1,26	42,8	33,6
		Mittel	**20,0**	**7,1**	**141,0**	**70**	**0,5**	**176**	**1,25**	**37,2**	**28,6**
					Blei / Kupfer					Blei / Kupfer	Blei / Kupfer
Verbundblech V_1 mit einseitigem Bleibelag	Zimmerwärme	13	20,4	(8,9)	140,8 / 40,8	350	—	1100	—	43,2 / 36,9	37,8 / 34,7
		15	20,3	(9,0)	142,1 / 40,6	350	—	1110	—	— / —	— / —
		17	20,7	(9,0)	144,1 / 41,4	325	—	1100	—	39,6 / 37,2	34,3 / 33,0
		Mittel	**20,5**	**(9,0)**	**142,6 / 40,9**	**342**	**—**	**1103**	**—**	**41,4 / 37,1**	**36,1 / 33,9**
	250 C°	14	20,3	8,9	140,1 / 40,6	225	—	730	—	30,6 / 27,8	29,1 / 27,7
		16	20,3	9,4	150,2 / 40,6	225	—	740	—	Bruch außerhalb der Theilung	
		18	20,5	9,4	151,7 / 41,0	—	—	750	—	49,1 / 39,2	41,2 / 36,2
		Mittel	**20,4**	**9,2**	**147,3 / 40,7**	**225**	**—**	**740**	**—**	**39,9 / 33,5**	**35,2 / 32,0**

Tabelle 17. Ergebnisse der Zugversuche mit dem Material der zweiten Probenlieferung.

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 5, 6 u. 7)	Querschnittsabmessungen			Belastungen				Bruchdehnung gemessen auf		Bemerkungen über das Aussehen der Bruch- und Oberfläche
							Streckgrenze		Bruchlast		50 mm	100 mm	
				Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm	Gesammt kg	kg/qmm	Gesammt kg	kg/qmm	von der Bruchstelle %		
Kupferblech K_2	längs	Zimmerwärme	1	19,9	2,6	51,7	475	9,2	1250	24,2	45,0	41,3	Bruchfläche: Gleichmäßig, hellroth, schuppig bis kurzfehnig, zackige Ränder Oberfläche: Feinkrystallig.
			2	19,7	2,6	51,2	300	5,9	1230	24,0	43,0	44,5	
			Mittel	—	—	—	—	**7,6**	—	**24,1**	**44,0**	**42,9**	
	quer		3	19,9	2,6	51,7	400	7,7	1230	23,8	44,0	39,7	
			4	19,8	2,6	51,5	275	5,3	1200	23,3	44,5	39,4	
			Mittel	—	—	—	—	**6,5**	—	**23,6**	**44,3**	**39,6**	
	längs	250 C°	5	20,1	2,6	52,3	225	4,3	920	17,6	38,8	34,5	
			6	20,1	2,6	52,3	250	4,3	875	16,7	34,1	32,0	
			Mittel	—	—	—	—	**4,3**	—	**17,2**	**36,5**	**33,3**	
	quer		7	20,1	2,6	52,3	325	6,2	875	16,7	37,4	32,3	
			8	20,1	2,6	52,3	250	4,3	890	17,0	40,4	35,4	
			Mittel	—	—	—	—	**5,3**	—	**16,9**	**38,9**	**33,9**	

Material			Probe entnommen zur Walzrichtung	Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. des Stabes (s. Fig. 5, 6 u. 7)	Querschnittsabmessungen: Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm	Belastungen: Streckgrenze: Gesammt kg	Streckgrenze: kg/qmm	Bruchlast: Gesammt kg	Bruchlast: kg/qmm	Bruchdehnung gemessen auf 50 mm: von der Bruchstelle %	Bruchdehnung gemessen auf 100 mm: von der Bruchstelle %	Bemerkungen über das Aussehen der Bruch- und Oberfläche
Nach Trennung des Bleibelages vom Kupferblech	Kupferblech		längs	Zimmerwärme	17	14,9	2,5	37,3	275	7,4	880	23,6	41,8	37,6	Bruchfläche: Gleichmäßig hellroth, schuppig bis kurzfehnig, zackige Ränder. Oberfläche: Fein krispelig.
					18	14,9	2,5	37,3	275	7,4	880	23,6	41,2	38,5	
					Mittel	—	—	—	—	**7,4**	—	**23,6**	**41,5**	**38,1**	
			quer		19	14,9	2,3	34,3	225	6,6	845	24,6	42,9	39,6	
					20	14,8	2,4	35,6	250	7,0	860	24,2	39,9	39,8	
					Mittel	—	—	—	—	**6,8**	—	**24,4**	**41,4**	**39,7**	
	Bleibelag	rechts	längs	Zimmerwärme	17 R	15,0	3,6	54,0	—	0,65	73	1,35	25,3	17,9	Bruchfläche: Scharf ausgezogen. Oberfläche: Bei den Proben R, der rechten Seite entnommen, grobknitterig; bei den Proben L feinkrispelig (s. Lichtbilder Fig. 10).
					18 R	15,0	3,5	52,5	—	0,62	81	1,54	22,9	17,3	
					Mittel	—	—	—	—	**0,64**	—	**1,45**	**24,1**	**17,6**	
		links			17 L	15,0	3,0	45,0	—	0,64	74	1,64	21,5	16,2	
					18 L	15,0	4,0	60,0	—	0,64	95	1,58	17,9	14,5	
					Mittel	—	—	—	—	**0,64**	—	**1,61**	**19,7**	**15,4**	
		rechts	quer		19 R	15,0	3,4	51,0	—	0,59	69	1,35	25,7	18,5	
					20 R	14,9	3,2	47,8	—	0,65	67	1,40	16,5	13,2	
					Mittel	—	—	—	—	**0,62**	—	**1,38**	**21,1**	**15,9**	
		links			19 L	15,0	3,2	48,0	—	0,65	67	1,40	17,7	12,4	
					20 L	15,0	3,2	48,0	—	0,76	72	1,50	Bruch außerh. der Theilung		
					Mittel	—	—	—	—	**0,71**	—	**1,45**	**(17,7)**	**(12,4)**	
Verbundblech im Anlieferungszustande						Kupfer	Blei								
			längs	Zimmerwärme	9	15,3	14,3	39,8	179	600	—	1170	—	38,6	35,4	Bruchfläche: Im kupfernen Theil wie bei 1—8; die Bruchenden der beiden Bleibeläge scharf ausgezogen, der Belag der rechten Seite (R) bei den Proben 10, 12, 13, 14 u. 16 blasig. Oberfläche: Der Belag der rechten Seite grobknitterig mit Blasen an der Haftfläche am Kupfer: der Belag der linken Seite krispelig und am Kupfer festhaftend.
					10	15,3	15,6	39,8	199	400	—	1210	—	32,9	30,1	
					13	15,5	14,9	40,3	191	425	—	1200	—	40,0	35,0	
					14	15,3	15,4	39,8	196	425	—	1210	—	28,5	26,1	
					Mittel	—	—	**39,9**	**191**	**463**	—	**1198**	—	**35,0**	**31,7**	
			quer		11	15,4	14,4	40,0	182	450	—	1160	—	44,3	39,5	
					12	15,3	14,7	39,8	185	300	—	1160	—	39,1	34,1	
					15	15,4	14,7	40,0	186	375	—	1160	—	40,3	37,3	
					16	15,3	14,6	39,8	184	375	—	1170	—	48,2	42,0	
					Mittel	—	—	**39,9**	**184**	**375**	—	**1163**	—	**43,0**	**38,2**	
			längs	250 C°	33	15,6	15,5	40,5	202	250	—	705	—	36,3	31,5	Bruchfläche: Kupferblech zuerst gerissen, gleichmäßig hellroth, schuppig bis kurzfehnig; Bleibeläge weiter gestreckt scharf ausgezogen (s. Lichtbild Fig. 11d). Bei Probe 33 ist der Belag der rechten Seite blasig.
					34	15,6	15,0	40,5	194	250	—	685	—	38,7	32,9	
					Mittel	—	—	**40,5**	**198**	**250**	—	**695**	—	**37,5**	**32,2**	
			quer		35	15,5	14,7	40,3	188	300	—	740	—	36,8	39,0	
					36	15,5	15,1	40,3	194	300	—	740	—	41,1	38,3	
					Mittel	—	—	**40,3**	**191**	**300**	—	**740**	—	**39,0**	**38,7**	
Verbundblech mit Bleizwischenlage			längs	Zimmerwärme	21	15,4	11,0	80,0	89	1050	—	1990	—	39,4	35,5	Blei scharf ausgezogen, beiderseits fest haftend.
					25	15,4	10,7	80,0	85	850	—	1970	—	44,4	39,7	Blei scharf ausgezogen, an der linken Haftfläche blasig.
					Mittel	—	—	**80,0**	**87**	**950**	—	**1980**	—	**41,9**	**37,6**	
			quer		23	15,5	10,8	80,6	87	1200	—	1890	—	30,5	25,9	Blei im Bruch blasig; Oberfl. s. Lichtbild Fig. 11b.
					27	15,5	10,7	80,6	85	950	—	1930	—	41,2	34,7	Wie bei Probe 21.
					Mittel	—	—	**80,6**	**86**	**1075**	—	**1910**	—	**35,9**	**30,3**	
			längs	250 C°	22	15,5	9,6	80,6	68	475	—	1155	—	17,5	13,7	Zuerst die rechte Kupferseite gerissen; s. Lichtb. Fig. 11a.
					26	15,5	9,5	80,6	67	425	—	1290	—	23,9	22,1	Desgl.
					Mittel	—	—	**80,6**	**68**	**450**	—	**1223**	—	**20,7**	**17,9**	
			quer		24	15,4	10,0	80,0	74	525	—	1310	—	31,3	30,3	Bruch schräge durch das Blei; s. Lichtbild Fig. 11c.
					28	15,4	10,0	80,0	74	500	—	1290	—	31,6	27,3	Desgl. die rechte Kupferseite unregelmäßig gerissen.
					Mittel	—	—	**80,0**	**74**	**513**	—	**1300**	—	**31,5**	**28,8**	

Tabelle 18. **Bruchdehnungen des Bleibelages in dem Verbundblech V_2 mit zweiseitigem Belag bei Zimmerwärme.**

Material	Probe entnommen zur Walzrichtung	Nr. der Proben	Proben R der rechten Seite		Proben L der linken Seite	
			Bruchdehnung, gemessen auf je			
			50 mm	100 mm	50 mm	100 mm
			von der Bruchstelle		von der Bruchstelle	
Blei im Verbundblech mit zweiseitigem Belag	längs	9	42,8	37,7	43,0	37,8
		10	38,5	33,1	39,3	34,0
		13	45,7	36,3	45,1	36,0
		14	26,5	25,1	33,0	29,1
		Mittel	**38,4**	**33,1**	**40,1**	**34,2**
	quer	11	47,0	41,7	46,9	41,3
		12	43,2	36,6	42,9	36,1
		15	42,9	38,7	43,7	39,0
		16	48,5	42,0	44,9	42,2
		Mittel	**45,4**	**39,8**	**44,6**	**39,6**
	Gesammt-Mittel		**41,9**	**36,5**	**42,4**	**36,9**

Tabelle 19. **Mittelwerthe für die Ergebnisse der Zugversuche mit dem Material der zweiten Probenlieferung.**

Material				Wärmezustand bei der Prüfung	Nr. der Stäbe	Querschnittsabmessungen				Belastungen an der Streckgrenze		Belastungen an der Bruchgrenze		Bruchdehnung gemessen auf 50 mm	Bruchdehnung gemessen auf 100 mm
						Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm		Gesammt kg	kg/qmm	Gesammt kg	kg/qmm	von der Bruchstelle %	
									Kupfer / Blei						
Kupferblech K_2				Zimmerwärme	1—4	19,8	2,6	51,5		383	7,0	1228	23,8	44,1	41,2
				250 C°	5—8	20,1	2,6	52,3		263	4,8	890	17,0	37,7	33,6
Verbundblech V_2 mit zweiseitigem Bleibelag	Nach Trennung beider Metalle	Kupferblech		Zimmerwärme	17—20	14,9	2,4	36,1		256	7,1	866	24,0	41,5	38,4
		Bleibelag	rechts	Zimmerwärme	17 - 20 R	15,0	3,4	51,3		32	0,63	73	1,41	22,6	16,7
			links	Zimmerwärme	17—20 L	15,0	3,4	51,3		34	0,67	77	1,53	19,0	14,4
	wie angeliefert			Zimmerwärme	9—16	15,4	14,7	39,9	188	419	—	1180	—	38,9	34,9
				250 C°	33—36	15,6	15,1	40,4	195	275	—	718	—	38,2	35,4
Verbundblech V_3 mit Bleizwischenlage				Zimmerwärme	21,25,23,27	15,5	10,8	80,3	87	1013	—	1945	—	38,9	34,0
				250 C°	22,26,24,28	15,5	9,8	80,3	71	481	—	1261	—	26,1	23,4

mäßiges Aussehen zeigen. Daher kann es denn auch zunächst nicht befremden, daß gerade die Bruchdehnung des Bleibelages in den Verbundblechen in so erheblichem Maße größer befunden wurde, als bei den Versuchen mit den reinen Bleistreifen.

Aber auch die geringere Dehnung des Kupfers im Verbundblech gegenüber derjenigen der reinen Kupferproben findet im Vorgesagten ihre Erklärung. Beachtet man nämlich, daß der Bleibelag oder die Bleizwischenlage einen Theil der Belastung aufnimmt und daß dieser Antheil in demjenigen Querschnitt am geringsten ist, in welchem das Blei am fehlerhaftesten ist, so ergiebt sich ohne weiteres, daß das Kupfer in diesem Querschnitt höher belastet ist, als

Tabelle. 20. **Einfluß des Erhitzens auf Festigkeit und Bruchdehnung des Materials.**

Proben-sendung	Material	Verhältnißzahlen für den Einfluß des Erhitzens, die bei Zimmerwärme erhaltenen Werthe gleich 100 gesetzt			
		Belastungen		Dehnung, gemessen auf	
		Streckgrenze	Bruchgrenze	je 50 mm	je 100 mm
1	Kupferblech K_1	73	75	93	90
	Verbundblech mit einseitigem Bleibelag . .	66	67	90	94
2	Kupferblech K_2	69	72	86	82
	Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag .	66	61	98	101
	Doppel-Kupferblech mit Bleizwischenlage .	48	65	67	69

Tabelle 21. **Einfluß der Verbindung beider Metalle auf deren Bruchdehnung bei Zimmerwärme.**

Werthe für das	Material		Zustand	Mittlere Bruchdehnung gemessen auf je		Verhältniß der Dehnung a des reinen Materials zu dessen Dehnung b im Verbundblech; (a = 100 gesetzt). Gemessen auf je	
				50 mm	100 mm	50 mm	100 mm
				von der Bruchstelle		von der Bruchstelle	
Verbundblech V_1 mit einseitigem Bleibelag	Kupfer		a) rein	42,3	40,6	88	83
			b) im Verbundblech . .	37,1	33,9		
	Bleibelag		a) rein	37,2	28,6	111	126
			b) im Verbundblech . .	41,4	36,1		
Verbundblech V_2 mit zweiseitigem Bleibelag	Kupfer		a) rein	41,5	38,4	94	91
			b) im Verbundblech . .	38,9	34,9		
	Bleibelag	rechts	a) rein	22,6	16,7	185	218
			b) im Verbundblech . .	41,9	36,5		
		links	a) rein	19,0	14,4	223	256
			b) im Verbundblech . .	42,4	36,9		

in allen anderen. Das Kupfer erleidet somit eine örtliche Mehrbelastung, welche hier zum Bruch führt, bevor die Dehnbarkeit des Kupfers in dem übrigen Theil seiner Länge in gleichem Maße in Anspruch genommen ist, als an der Bruchstelle. Dieser schädliche Einfluß der örtlichen Ueberlastung muß aber um so mehr in einer geringeren Dehnung des ganzen Stabes hervortreten, je gleichmäßiger das Kupfer ist. Recht deutlich tritt dieses Verhalten an dem Stabe 23 zu Tage. Wie aus dem Lichtbild Fig. 11b zu ersehen ist, war die Bleizwischenlage bei diesem Stabe stark blasig und unganz. Seine Dehnung (s. Tab. 17) beträgt daher auch nur 30,5 bezw. 25,9 %, während sie bei dem unter gleichen Verhältnissen geprüften Stabe 27 mit dichterer Bleizwischenlage zu 41,2 bezw. 34,7 % ermittelt wurde.

Ein Beweis dafür, daß der günstige Einfluß der Verbindung des Bleies mit dem Kupfer auf die Bruchdehnung des ersteren mit dessen Ungleichförmigkeit zunimmt, ergiebt sich aus dem Vergleich der Bruchdehnungen der beiden Bleibeläge des Verbundbleches V_2 mit

zweiseitigem Belag unter Heranziehung der Beobachtungen hinsichtlich der Gleichförmigkeit beider Materialien. Nach Tab. 21 nahm die Dehnung des rechtsseitigen Belages durch dessen Verbindung mit dem Kupfer um 85 bezw. 118 % zu, während der linksseitige Belag unter

Fig. 10. Oberflächen mit zerrissenen Bleiproben aus dem Verbundblech V_2.

den gleichen Verhältnissen ein Mehr von 123 bezw. 156 % an Dehnung aufweist. Wie nun die Lichtbilder (Fig. 10) zeigen, nahmen die Proben des rechtsseitigen Belages ein grobknitteriges Aussehen bei mehrfachen von Gleichmäßigkeit des Materials zeugenden Einschnürungen an,

Fig. 11. Besondere Bruchserscheinungen an den Verbundblechen. (Verkleinerung mäßig.)

während die Proben aus dem linksseitigen Belage nur eine feinkrispelige Oberfläche aufweisen und eine rein örtliche Einschnürung erlitten, deren Ursache wohl in einer örtlich geringeren Widerstandsfähigkeit des Materials zu suchen ist.

Vergleicht man an Hand der Tab. 21 die Dehnungen, welche für den reinen Bleibelag aus dem einseitig belegten Blech V_1 erhalten wurden, mit denen der Bleibeläge des zweiseitig belegten Bleches V_2, so erweisen sich die ersteren erheblich größer als die letzteren, was für eine größere Zähigkeit und auch größere Gleichförmigkeit des erstgenannten Materials spricht. Dieser Umstand verdient an dieser Stelle ganz besonders hervorgehoben zu werden, ebenso wie derjenige, **daß bei den Zugversuchen mit Proben aus dem Blech mit einseitigem Bleibelage kein Abplatzen des letzteren von dem Kupfer eintrat**, um nicht etwa durch die Lichtbilder Fig. 11 die Ansicht aufkommen zu lassen, daß die Sicherheit der Verbindung beider Metalle in den Verbundblechen im allgemeinen eine geringe ist. Die Verbundbleche mit zweiseitigem Belage und mit Bleizwischenlage wurden, wie schon oben erwähnt ist, hier aber nochmals hervorgehoben sein möge, auf ausdrücklichen Wunsch der Anstalt und ausschließlich für Versuchszwecke gefertigt, und der Fabrikant theilte schon bei Uebersendung der Proben mit: „Die Anfertigung der aus zwei mit Bleizwischenlage homogen verbundenen Kupferbleche bietet große Schwierigkeiten und sind wir daher nicht ganz überzeugt, ob das Blei an den Flächen der Kupferbleche auch absolut fest haftet". Unter diesen Umständen ist es wohl nicht zu verwundern, daß die in den Lichtbildern Fig. 11b dargestellten Lostrennungen des Kupfers von der Bleizwischenlage eintraten. **Keinesfalls aber lassen diese Erscheinungen einen Schluß zu auf die Eigenschaften des für die praktische Verwendung bestimmten Verbundbleches mit einseitigem Bleibelage.**

3. Vertheilung der Gesammtbelastung auf beide Theile der Verbundbleche.

Belastet man einen Probestab, welcher aus zwei verschiedenen, nebeneinander liegenden und in der ganzen Länge des Stabes fest mit einander verbundenen Stoffen besteht, auf Zug wie bei den vorliegenden Versuchen mit den Verbundblechen, so gilt für die Vertheilung der Gesammtbelastung P über den Querschnitt die allgemeine Gleichung

$$P = \sigma f + \sigma_1 f_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad I,$$

wenn f und f_1 die Einzelquerschnitte der beiden Bestandtheile und σ und σ_1 die in ihnen herrschenden Spannungen bedeuten.

Tritt unter der Belastung keine Biegung des Probestabes ein, so müssen seine beiden Bestandtheile sich innerhalb derselben Länge (der Längeneinheit) um gleichviel dehnen. Das Verhältniß, nach dem die Gesammtbelastung P sich auf die Einheit der beiden Einzelquerschnitte vertheilt, ist demnach abhängig von dem Verhältniß der beiden Spannungen, bei welchen die einzelnen Bestandtheile sich innerhalb der Längeneinheit um den gleichen Betrag dehnen, wie der ganze Probestab unter der Belastung P.

Setzt man dieses Verhältniß $\frac{\sigma_1}{\sigma} = x$

dann ist: $$\sigma = \frac{\sigma_1}{x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad II.$$

Durch Substitution dieses Werthes für σ in Gleichung I erhält man

$$P = \frac{\sigma_1}{x} f + \sigma_1 f_1,$$

woraus der Werth von $$\sigma_1 = \frac{P}{\frac{f}{x} + f_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad III$$

für jede Belastung P berechnet werden kann, sobald die zugehörige Größe von x bekannt ist. Die von der Gesammtbelastung P auf beide Bestandtheile des Querschnittes entfallenden Belastungen p und p_1 berechnen sich dann zu

$$p_1 = \sigma_1 f_1 \text{ und } p_2 = P - p_1 \quad \ldots\ldots\ldots \text{IV.}$$

Solange die aus der Gesammtbelastung P resultirenden Spannungen σ und σ_1 innerhalb der Proportionalitätsgrenzen der beiden verbundenen Materialien liegen, wird wegen des für beide Bestandtheile konstanten Verhältnisses zwischen Spannung und Dehnung auch das Verhältniß $\frac{\sigma_1}{\sigma} = x$, also auch die Belastungsvertheilung konstant bleiben. Sobald aber die Proportionalitätsgrenze bei einem der beiden Theile überschritten wird, und das Verhältniß zwischen Spannung und Dehnung sich bei beiden Bestandtheilen des Stabes nun nicht nach demselben Gesetz ändert, ändert auch die Größe x und die Belastungsvertheilung sich beständig.

Um letztere für jede Belastung des Stabes ermitteln zu können, muß man also den Verlauf der Beziehungen zwischen Spannung und Dehnung für die beiden Bestandtheile des Stabes im Einzelnen kennen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen sind diese Beziehungen durch die in den Tabellen 6, 7, 9 und 10 niedergelegten Zahlenwerthe und durch die nach diesen in Fig. 12A verzeichneten Schaulinien wenigstens bis zur Streckgrenze der Materialien gegeben. Hierbei liefern die Linien K_1 und K_2 die Beziehungen für die Kupferbleche und die Linien B_1 und B_2 die Beziehungen für die den Bleibelägen entnommenen Proben.

Bestimmt man an diesen Linien die Spannungen, welche bei den vier Materialien zur Erzielung der Dehnungen von 0,0100; 0,0250; 0,0500; 0,1000; 0,1500; 0,2000 und 0,2500 mm erforderlich waren, so gelangt man zu den in Tab. 22 angegebenen Werthen und zu den aus ihnen für die Proben derselben Lieferung berechneten Verhältnißzahlen.

Tabelle 22. **Beziehungen zwischen den Spannungen von Kupfer und Blei bei gleichen Dehnungen.**

Probensendung	Material	Spannungen in kg/qmm						
		Bestimmt nach Fig. 14 Schaulinie	für folgende Dehnungen in 0,0001 mm auf 100 mm Länge					
			100	250	500	1000	1500	2000	2500
I	Kupferblech	K_1	0,79	2,00	3,70	5,78	6,89	—	—
	Blei aus Verbundblech mit einseitigem Belag	B_1	0,16	0,26	0,34	0,47	0,52	—	—
	Verhältnißzahlen, die Werthe für $K_1 = 1$	—	0,202	0,130	0,092	0,081	0,076	—	—
II	Kupfer } aus dem Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	K_2	1,15	3,05	5,40	7,85	8,68	9,08	9,35
	Blei }	B_2	0,20	0,42	0,60	0,71	0,73	0,76	0,79
	Verhältnißzahlen, die Werthe für $K_2 = 1$	—	0,174	0,138	0,111	0,090	0,084	0,084	0,084

Trägt man nun weiter aus diesen Verhältnißzahlen und den zugehörigen Dehnungen Schaulinien auf, so ergeben sich die Linien Fig. 12B, deren Ordinaten für jede Dehnungsgröße bis zu 0,25 mm das Verhältniß zwischen den zugehörigen Spannungen für Kupfer und Blei angeben, d. h. die Werthe für x in der obigen Gleichung III darstellen. Die punktirte Linie gilt für die Materialien der ersten, die ausgezogene Linie für die Materialien der zweiten Probensendung.

Beide Linien haben gleichartigen Verlauf. Aus dem anfänglich schnellen Abfallen mit wachsender Dehnung und dem schließlich asymptotischen Verlauf zur Abscissenachse folgt, daß der Antheil, den die Querschnittseinheit des Bleibelages an dem Tragvermögen des Verbundbleches hat, innerhalb der den Beobachtungen zu Grunde gelegten Belastungsgrenzen mit

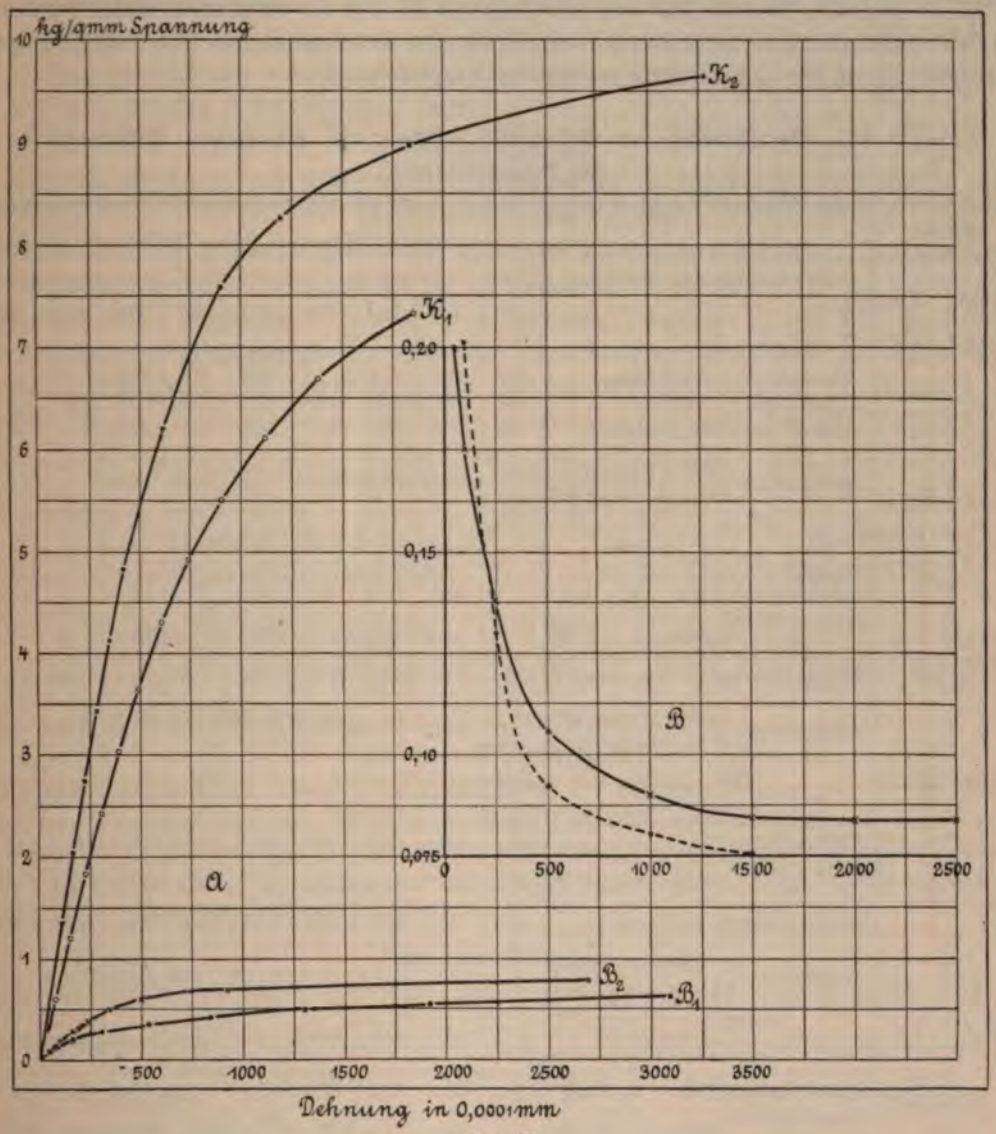


Fig. 12.

A. Schaulinien für die Beziehungen zwischen Spannung und Dehnung bei den Kupfer- und Bleiproben.
B. Schaulinien für das Verhältniß zwischen den Spannungen für Kupfer und Blei bei gleichen Dehnungen.

zunehmender Dehnung also auch mit wachsender Belastung bis auf etwa ein Zehntel der Spannung des Kupferbleches schnell abnimmt und sich dann auf etwa 0,8 Zehntel konstant erhält.

Bestimmt man nun an den Schaulinien Fig. 12B weiter die Ordinatenlängen für diejenigen Dehnungen, welche nach den Tab. 8 und 11 an den zugehörigen drei Verbundblechen

unter den angewendeten Laststufen beobachtet wurden, so erhält man, wie schon oben gesagt wurde, die Werthe x für das jeweilige Verhältniß zwischen den Spannungen in dem kupfernen und bleiernen Theil der Stabquerschnitte. Diese Werthe sind in Tab. 23 unter den aus Tab. 8 und 11 entnommenen Dehnungen für die drei Verbundbleche getrennt aufgeführt; ihnen folgen in Tab. 23 die nach den obigen Gleichungen III und IV berechneten Spannungen σ_1 in dem bleiernen Theil der Querschnitte und die von den angegebenen Gesammtbelastungen auf beide Theile des Querschnittes entfallenden Theilbelastungen.

Tabelle 23. **Vertheilung der Gesammtbelastung auf die beiden Bestandtheile der Verbundbleche.**

Material	Mittlere Querschnitte: Kupfer f qmm	Mittlere Querschnitte: Blei f_1 qmm	Bedeutung der Werthe		Gesammtbelastungen P des Verbundbleches in kg: 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Verbundblech mit einseitigem Bleibelag	40,9	142,6	Beobachtete Dehnung 0,0001 mm	Kupferseite . . .	74	171	274	379	503	645	845	—	—	—
				Bleiseite	49	90	130	183	263	377	561	—	—	—
				im Mittel . . .	62	131	202	281	383	511	703	—	—	—
			Verhältniß $x=\frac{\sigma_1}{\sigma}\left(\frac{\text{Blei-Spannung}}{\text{Kupfer-Spann.}}\right)$		—	0,177	0,147	0,118	0,099	0,092	0,086	—	—	—
			$\sigma_1=\frac{P}{f/x+f_1}$ kg/qmm		—	0,268	0,356	0,409	0,452	0,510	0,565	—	—	—
			Theilbelastungen in kg, entfallend auf	Blei: $P_b=\sigma_1 f_1$	—	38,2	50,7	58,4	64,6	72,7	80,6	—	—	—
				Kupfer: $P_k=P-P_b$	—	61,8	99,3	141,6	185,4	227,3	269,4	—	—	—
Verbundblech mit zweiseitigem Bleibelag	39,9	187,0	Mittlere Dehnung in 0,0001 mm .		51	111	175	244	322	419	545	742	1136	1818
			Verhältniß $x=\frac{\sigma_1}{\sigma}\left(\frac{\text{Blei-Spannung}}{\text{Kupfer-Spann.}}\right)$		0,20	0,170	0,154	0,138	0,123	0,112	0,103	0,096	0,088	0,084
			$\sigma_1=\frac{P}{f/x+f_1}$ kg/qmm		0,130	0,237	0,335	0,420	0,489	0,552	0,610	0,653	0,701	0,755
			Theilbelastungen in kg, entfallend auf	Blei: $P_b=\sigma_1 f_1$	24,3	44,3	62,6	78,5	91,5	103,2	114,0	122,1	131,1	141,2
				Kupfer: $P_k=P-P_b$	25,7	55,7	87,4	121,5	158,5	196,8	236,0	277,9	318,9	358,8
Doppelblech mit Bleizwischenlage	80,3	86,5	Mittlere Dehnung in 0,0001 mm .		44	91	137	183	230	281	331	383	433	493
			Verhältniß $x=\frac{\sigma_1}{\sigma}\left(\frac{\text{Blei-Spannung}}{\text{Kupfer-Spann.}}\right)$		—	0,178	0,163	0,150	0,140	0,130	0,122	0,115	0,111	0,106
			$\sigma_1=\frac{P}{f/x+f_1}$ kg/qmm		—	0,186	0,259	0,322	0,379	0,426	0,470	0,509	0,555	0,592
			Theilbelastungen in kg, entfallend auf	Blei: $P_b=\sigma_1 f_1$	—	16,1	22,5	27,9	32,8	36,9	40,6	44,1	48,1	51,3
				Kupfer: $P_k=P-P_b$	—	83,9	127,5	172,1	217,2	263,1	309,4	355,9	401,9	448,7

2. Normalpapiere.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

In Heft 3 der „Mittheilungen" 1892 Seite 108, Heft 1 der „Mittheilungen" 1893 Seite 1 und Heft 1 des Jahrganges 1894 Seite 22 wurden statistische Uebersichten über die in den Jahren 1889—1893 seitens der Behörden verlangten und die ihnen gelieferten Papiere gegeben.

Unter Hinweis auf diese Arbeiten soll im nachfolgenden das Ergebniß der Zusammenstellung für das Jahr 1894 mitgetheilt werden.

Zusammenstellung

über die geforderten und vorhandenen Eigenschaften der im Jahre 1894 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse — Papiere	=	—%	Zusammen 78 Papiere = 17,8%
B.	„ „ Stoffklasse . . . . . 1 „	=	0,2%	
C.	„ „ Festigkeitsklasse . . . 77 „	=	17,6%	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt 306 „ = 70,2%

Zusammen 384 Papiere = 88,0%

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse. . . . . 6 Papiere	=	1,4%	Zusammen 52 Papiere = 12,0%
B.	„ „ Festigkeitsklasse . . . . 33 „	=	7,6%	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse 3 „	=	0,7%	
D.	„ „ Leimfestigkeit . . . . 10 „	=	2,3%	

Im Ganzen sind also im Jahre 1894 im Auftrage von Behörden 436 Papiere untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren, und zwar wurden, wie die vorstehende Zusammenstellung ergiebt,

78 Papiere = 17,8% besser geliefert als verlangt,
306 „ = 70,2% geliefert wie verlangt und
52 „ = 12,0% schlechter geliefert als verlangt.

Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also im Jahre 1894: 384 Papiere = 88,0%. Stellt man die Ergebnisse der Jahre 1889—1894 einander gegenüber, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1889—1894 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

Laufende Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt			Schlechter geliefert als verlangt			Insgesammt			Den Bedingungen	
			bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	Besser geliefert als verlangt %	Geliefert wie verlangt %	Schlechter geliefert als verlangt %	genügten %	genügten nicht %
1	1889	266	1,9	3,8	4,1	15,4	24,8	8,3	9,8	41,7	48,5	51,5	48,5
2	1890	453	1,7	6,0	9,5	17,0	19,0	7,1	17,2	39,7	43,1	56,9	43,1
3	1891	440	3,9	4,5	10,0	13,9	15,4	7,5	18,4	44,8	36,8	63,2	36,8
4	1892	359	0,8	4,5	13,9	5,6	19,8	3,0	19,2	52,4	28,4	71,6	28,4
5	1893	438	0,2	0,9	23,7	4,6	8,0	2,5	24,8	60,1	15,1	84,9	15,1
6	1894	436	—	0,2	17,6	3,7	7,6	0,7	17,8	70,2	12,0	88,0	12,0

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor, daß sich auch im Jahre 1894 das Verhältniß der vorschriftsmäßig gelieferten Papiere zu den nicht ausreichenden gegen das Vorjahr etwas gebessert hat.

Die Verstöße, welche gegen die Lieferungsbedingungen gemacht wurden, sind im großen und ganzen leichterer Natur als in den Vorjahren, so daß auch in dieser Hinsicht ein erfreulicher Fortschritt zu beobachten ist; auffallend ist die Erscheinung, daß zehn Papiere ausschließlich wegen mangelhafter Leimung zurückgewiesen werden mußten.

Bei den Verstößen gegen die Festigkeitsklasse handelt es sich theilweise um eine zu geringe Reißlänge (Minimum der Abweichung 4 m, Maximum 835 m), theils um eine zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,5 %), und theils um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Minimum eine Stufe, Maximum zwei Stufen); in sechs Fällen ist gegen zwei dieser drei Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen und in fünf Fällen gegen alle drei.

Die Verstöße gegen die Stoffzusammensetzung beschränken sich auf einen etwas zu hohen Aschengehalt (Minimum 0,2 %, Maximum 3,8 %) und einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II, für welche bekanntlich höchstens 25 % Cellulose zugelassen sind.

Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese Besserung sowohl hinsichtlich des Gesammtergebnisses, als auch insbesondere hinsichtlich der Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen vorwiegend dem Einfluß des Wasserzeichens zuschreibt.

Nachstehend ist eine Reihe der im Jahre 1894 beobachteten erwähnenswerthesten Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen zusammengestellt; ein Vergleich derselben mit den in früheren Jahren vorgekommenen Fällen[1]) zeigt in auffallender Weise den bessernden Einfluß, welchen die bestehenden Bestimmungen auf die Güte der Normalpapiere ausgeübt haben.

Zusammenstellung
einiger Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen.

Laufende Nr.	Art des Papiers bezw. Verwendungszweck	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern
1	Kanzleipapier	III	3500 2,75 4	II	2973 2,0 3	—	—	177	0,5	3 statt 4
2	„	III	3500 2,75 4	III	2955 2,4 3	—	—	195	0,1	3 „ 4
3	„	II	3	II	4	—	—	235	0,2	4 „ 5
4	„	II	3	II	4	—	—	235	0,2	4 „ 5
5	„	III	3500 2,75 4	III	2895 2,2 3	—	—	255	0,3	3 „ 4
6	„	II	3	II	4	—	—	365	—	4 „ 5
7	Registerpapier	II	3	III	4	—	3,8	60	—	—
8	Kanzleipapier	II	3	III	4	zu viel Holzcellulose	—	—	0,2	4 statt 5

[1]) Vergl. die oben angegebenen Stellen in den „Mittheilungen".

Während der Prozentsatz der den Behörden genügend gelieferten Papiere sich, wie gezeigt, von Jahr zu Jahr gehoben hat, ist das Verhältniß bei Lieferungen an Private, soweit der Versuchsanstalt die diesen Lieferungen zu Grunde gelegten Bedingungen bekannt geworden sind, seit einigen Jahren umgekehrt; hier war im Jahre 1891 der Höhepunkt mit 81,3 % genügend gelieferter Papiere erreicht. Im darauf folgenden Jahre genügten nur 74,1 %, im Jahre 1893 nur 71,9 % den gestellten Anforderungen. Das Jahr 1894 zeigt eine kleine, kaum in Betracht zu ziehende Besserung, wie aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht.

Zusammenstellung

über die geforderten und gelieferten Eigenschaften der im Jahre 1894 im Auftrage von Privatleuten untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	— Papiere	= — %	Zusammen 8 Papiere = 9,9 %
B.	„ „ Stoffklasse	— „	= — %	
C.	„ „ Festigkeitsklasse	8 „	= 9,9 %	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt 51 „ = 63,0 %

Zusammen 59 Papiere = 72,9 %

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	1 Papier	= 1,2 %	Zusammen 22 Papiere 27,1 %
B.	„ „ Festigkeitsklasse	21 Papiere	= 25,9 %	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse	— „	= — %	

Im Ganzen sind also im Jahre 1894 im Auftrage von Privaten 81 Papiere vollständig untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren; von diesen wurden

8 Papiere = 9,9 % besser geliefert als verlangt,
51 „ = 63,0 % geliefert wie verlangt und
22 „ = 27,1 % schlechter geliefert als verlangt.

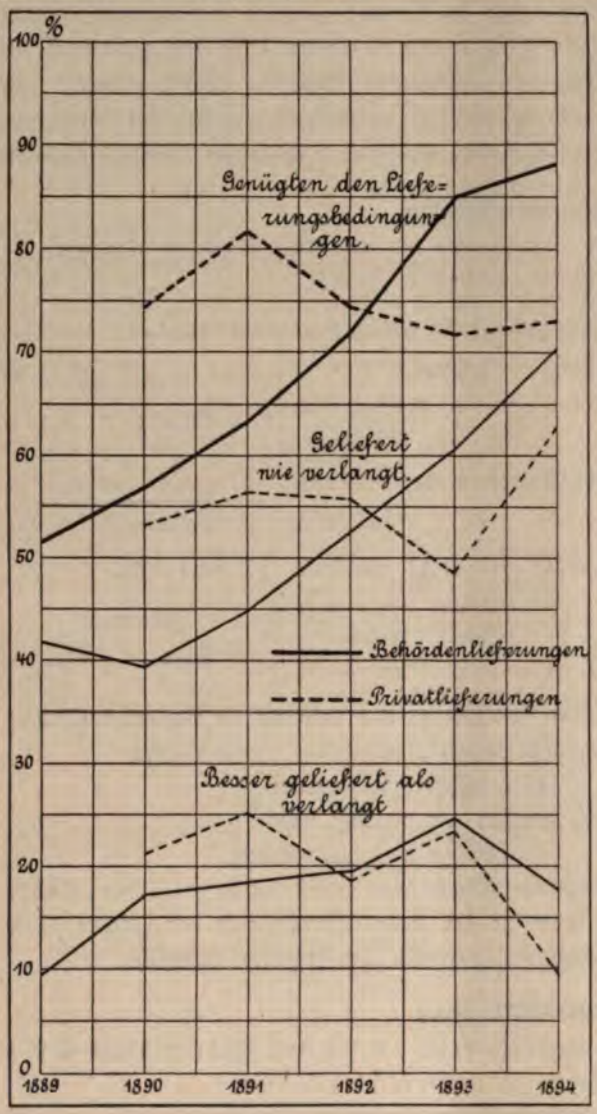
Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also im Jahre 1894: 59 Papiere = 72,9 %. Stellt man die bei Privatlieferungen in den Jahren 1890 bis 1893 gemachten Erfahrungen nebeneinander, so erhält man folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1890—1894 im Auftrage von Privaten untersuchten Papiere.

Laufende Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt			Geliefert wie verlangt	Schlechter geliefert als verlangt			Den Bedingungen	
			bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse		bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	genügten	genügten nicht
			%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	1890	66	—	1,5	19,7	53,0	7,6	16,7	1,5	74,2	25,8
2	1891	96	1,0	1,0	22,9	56,3	2,1	15,6	1,0	81,3	18,7
3	1892	236	0,8	3,4	14,4	55,5	5,1	17,8	3,0	74,1	25,9
4	1893	146	—	—	23,3	48,6	4,1	22,6	1,4	71,9	28,1
5	1894	81	—	—	9,9	63,0	1,2	25,9	—	72,9	27,1

Die Verstöße der 27,1 % nicht genügenden Papiere gegen die Lieferungsbedingungen sind mit einer Ausnahme ziemlich milder Natur; dieser eine Fall betrifft einen Aktendeckel 7 b, welcher mit erheblichen Mengen Holzschliff geliefert wurde.



Weitere Verstöße gegen die Stoffklasse kamen nicht vor.

Bei den Verstößen gegen die Festigkeitsklasse handelt es sich theilweise um eine zu geringe Reißlänge (Minimum der Abweichung 25 m, Maximum 328 m), theils um eine zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,6 %) und theils um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Maximum eine Stufe). In zwei Fällen ist gegen zwei dieser drei Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen und in drei Fällen gegen alle drei. Verstöße gegen Stoff- und Festigkeitsklasse kamen nicht vor.

Die nebenstehenden Schaulinien geben ein übersichtliches Gesammtbild des vorstehend Gesagten und veranschaulichen den bessernden Einfluß der Vorschriften für die Normalpapiere auf die Güte der letzteren in überzeugender Weise.

Erfüllung
der Lieferungsbedingungen für
Normalpapiere.

3. Wasserzeichenpapiere.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

In Heft 2 der „Mittheilungen" 1892 Seite 77, Heft 5 des Jahrganges 1893 Seite 257 und Heft 1 des Jahrganges 1894 Seite 25 wurde eingehend über die Erfahrungen berichtet, die in den Jahren 1891 und 1892 bei Prüfung von Papieren mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen gesammelt wurden; das Wesentlichste der dort gemachten Angaben sei hier kurz wiederholt.

Von den im Jahre **1891** untersuchten 35 Papieren besaßen 33 oder 94,3 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 2 oder 5,7 % nicht. Die Abweichung der Eigenschaften der beiden letzten Papiere gegen die verbürgten Werthe war eine verhältnißmäßig geringfügige; das eine hatte einen um 0,5 % zu hohen Aschengehalt, und das zweite blieb im Widerstand gegen Zerknittern und Reiben um eine Stufe zurück.

Im Jahre **1892** gelangten bereits 187 mit Wasserzeichen versehene Papiere zur Prüfung, von denen 163 oder 87,2 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 24 oder 12,8 % nicht.

Von den 24 nicht genügenden Papieren verstieß 1 = 4,2 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 8 Papiere = 33,3 % verstießen gegen die Stoffklasse und 15 Papiere = 62,5 % gegen die Festigkeitsklasse.

Im Jahre **1893** gelangten 497 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, von denen 422 oder 84,9 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 75 oder 15,1 % nicht.

Die in den Jahren 1892—1893 festgestellten Verstöße gegen die gewährleisteten Eigenschaften waren fast durchweg leichter Natur; meist handelte es sich um geringe Abweichungen hinsichtlich der Festigkeitswerthe, geringe Ueberschreitungen des zulässigen Aschengehaltes und einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II.

Im Jahre **1894** wurden 487 Wasserzeichenpapiere untersucht und zwar 458 auf alle für Normalpapiere vorgeschriebenen Eigenschaften und 29, bei denen nur einzelne Eigenschaften ermittelt werden sollten.

Die mit den ersterwähnten 458 Papieren gemachten Erfahrungen sind in nachstehender Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

I. Papiere, bei welchen bessere Eigenschaften erreicht wurden, als das Wasserzeichen gewährleistete.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	— Papiere = — %	Zusammen 76 Papiere = 16,6 %
B.	„ „ Stoffklasse	1 „ = 0,2 %	
C.	„ „ Festigkeitsklasse . . .	75 „ = 16,4 %	

II.	Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften vorhanden waren . .	328 „ = 71,6 %
	Zusammen	404 Papiere = 88,2 %

III. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften nicht vorhanden waren.

A.	Bezüglich der Festigkeitsklasse . . .	35 Papiere = 7,6 %	Zusammen 54 Papiere = 11,8 %
B.	„ „ Stoffklasse	17[1]) „ = 3,7 %	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse	2 „ = 0,4 %	

Im Ganzen genügten also im Jahre 1893: 404 Papiere = 88,2 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 54 = 11,8 % nicht.

Unter den 404 genügenden Papieren befanden sich 58 = 12,7 %, welche dem Wasserzeichen nur mit Rücksicht auf § 9 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" entsprachen; nach diesem Paragraphen dürfen bekanntlich die mit einem vorschriftsmäßigen Wasserzeichen versehenen Papiere in ihrer Reißlänge um höchstens 10 % und in ihrer Dehnung ebenfalls um höchstens 10 % nach unten hin von den verlangten Werthen abweichen.

Von den oben erwähnten 29 Papieren, bei denen nur einzelne Eigenschaften festzustellen waren, wurden

1. 25 Papiere auf Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Zerknittern,
2. 2 „ „ Widerstand gegen Zerknittern und
3. 2 „ „ Reißlänge und Dehnung

geprüft.

Von den Papieren zu 1 genügten 20 und 5 genügten nicht,
„ „ „ „ 2 „ 2 „ 0 „ „
„ „ „ „ 3 „ 1 „ 1 „ „

Vergleicht man die in den Jahren 1891—1894 bei der Untersuchung von Wasserzeichenpapieren gemachten Erfahrungen mit einander, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Uebersicht

über die in den Jahren 1891—1894 bei der Untersuchung von Wasserzeichenpapieren gemachten Erfahrungen.

Jahr	Anzahl der untersuchten Wasserzeichenpapiere	Besser als im Wasserzeichen gewährleistet %	Wie im Wasserzeichen gewährleistet %	Schlechter als im Wasserzeichen gewährleistet %	Dem Wasserzeichen	
					entsprachen %	entsprachen nicht %
1891	35	34,3	60,0	5,7	94,3	5,7
1892	187	19,8	67,4	12,8	87,2	12,8
1893	497	23,9	61,0	15,1	84,9	15,1
1894	458	16,6	71,6	11,8	88,2	11,8

Gegen das Vorjahr hat sich also das Verhältniß der genügend gelieferten Papiere zu den nicht ausreichenden etwas gebessert; im großen und ganzen muß das Ergebniß, namentlich mit Rücksicht auf die geringen Abweichungen der nicht genügenden Papiere, als günstig bezeichnet werden. Beim Vergleich der Ergebnisse des Jahres 1894 mit denen des Jahres 1892 muß man berücksichtigen, daß die Anzahl der 1894 geprüften Papiere erheblich größer ist als die 1892 untersuchten.

[1]) Hierunter befinden sich zehn Papiere = 2,2 %, welche wegen ungenügender Leimfestigkeit beanstandet werden mußten.

Noch größer ist dieser Unterschied beim Vergleich mit dem Jahre 1891; die Anzahl der in diesem Jahre geprüften Wasserzeichenpapiere ist so gering, daß die Prüfungsergebnisse nicht mit denen der anderen Jahre in Vergleich gestellt werden können, um so weniger, als sich im Jahre 1891 nur wenige hervorragende Firmen mit der Herstellung von Wasserzeichenpapieren befaßten.

In nachfolgender Tabelle 2 (Seite 116) sind die 458 vollständig untersuchten Papiere nach den Verwendungsklassen 1—4b und nach den Firmen, von denen sie erzeugt sind, geordnet. Die hier angemeldeten Firmen wurden für diese statistischen Berichte in einer beliebigen Reihenfolge in eine Liste eingetragen und mit laufenden Nummern versehen.

Tabelle 2 zeigt zunächst, daß Papiere von 41 verschiedenen Firmen (gegen 45 im Vorjahre) zur Untersuchung gelangten; von 24 Firmen, die außer den 41 ihr Wasserzeichen angemeldet hatten, gelangten keine Proben zur Prüfung.

Die Sicherheit der einzelnen Fabriken in der Herstellung von Papieren mit bestimmten Eigenschaften ist, wie Tab. 2 zeigt, recht verschieden; man muß hierbei diejenigen Firmen außer Betracht lassen, die nur mit einer geringen Anzahl von Papieren vertreten sind, da bei diesen der Zufall eine zu große Rolle spielen kann.

Vergleicht man nur die Firmen, von denen mehr als zehn Papiere geprüft sind, so genügten z. B. bei Nr. 2 nur 20 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften; bei den übrigen Firmen finden wir dann eine erhebliche Steigerung des Prozentsatzes an genügenden Papieren und bei den Firmen 5, 6, 14, 23 und 43 genügen sämmtliche eingereichten Papiere den gewährleisteten Eigenschaften.

Ein Vergleich der Firmen, deren Papiere in den Jahren 1893 und 1894 sämmtlich genügten ergiebt folgendes:

Im Jahre 1893 genügten durchweg nur die Papiere der Firmen: 5, 8, 14, 15, 29, 35.
„ „ 1894 „ „ „ „ „ „ „ „ : 5, 6, 14, 23, 43.

Das günstigste Ergebniß hat in beiden Jahren die Firma Nr. 14 zu verzeichnen, wie aus einem Vergleich der Tab. 2 mit der entsprechenden Tabelle des Vorjahres („Mittheilungen" 1894, Heft 1, Seite 28) hervorgeht.

Ordnet man die 458 untersuchten Papiere nach den Verwendungsklassen, so ergiebt sich, daß

12 Papiere zur Klasse 1 gehörten; hiervon genügten 9 und 3 = 25 % genügten nicht.[1])
(4) (4) (0) = (0) %

69 „ „ „ 2a „ „ „ 58 „ 11 = 16 % „ „
(57) (53) (4) = (7) %

34 „ „ „ 2b „ „ „ 31 „ 3 = 9 % „ „
(36) (34) (2) = (6) %

108 „ „ „ 3a „ „ „ 94 „ 14 = 13 % „ „
(133) (115) (18) = (14) %

101 „ „ „ 3b „ „ „ 95 „ 6 = 6 % „ „
(91) (71) (20) = (22) %

70 „ „ „ 4a „ „ „ 58 „ 12 = 17 % „ „
(95) (72) (23) = (24) %

64 „ „ „ 4b „ „ „ 59 „ 5 = 8 % „ „
(81) (73) (8) = (10) %

Ueber die Art der Abweichungen der 54 nicht genügenden Papiere von den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften giebt die nachfolgende Tab. 3 (Seite 117) näheren Aufschluß.

[1]) Die in Klammer gesetzten Werthe beziehen sich auf das Jahr 1893.

Tabelle 2.

Die 458 im Jahre 1894 vollständig untersuchten Wasserzeichenpapiere nach Firmen und Verwendungsklassen geordnet.

Firma Nr.	Anzahl der untersuchten Papiere	Den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften		Innerhalb des Spielraums von 10 % liegen	Von den Papieren der Verwendungsklasse																		
					1			2a			2b			3a			3b			4a			
					genügten			genügten			genügten			genügten			genügten			genügten			gen
		genügten %	genügten nicht %	%	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum	mit nur 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum	nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	ohne 10 % Spielraum
1	15	66,7	33,3	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	4	2	1	1	—	2	1
2	15	20,0	80,0	13,3	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	3	—	—	—	—	—	7	—
3	4	100,0	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—
4	21	85,7	14,3	19,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	—	4	—	—	2	2	1	5
5	11	100,0	—	18,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	1	—	—	1	1	—	3
6	33	100,0	—	6,1	—	1	—	6	1	—	3	—	—	11	—	—	7	—	—	3	—	—	1
7	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
8	18	83,3	16,7	11,1	—	—	—	3	2	3	3	—	—	2	—	—	5	—	—	—	—	—	—
9	12	83,3	16,7	25,0	—	—	—	2	2	—	1	1	1	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
10	8	100,0	—	25,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	3	1	—	3
12	7	85,7	14,3	14,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	—	1	1	—	—	—
14	44	100,0	—	11,4	—	1	—	6	4	—	1	—	—	17	—	—	9	—	—	3	—	—	3
15	20	90,0	10,0	10,0	—	—	—	—	2	2	3	—	—	4	—	—	6	—	—	1	—	—	2
16	14	92,9	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	7	—	—	1	—	—	1
17	14	64,3	35,7	7,1	1	—	—	—	1	—	1	—	—	2	—	2	3	—	3	1	—	—	—
20	8	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	2	—	—	3
21	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	2	100,0	—	50,0	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
23	29	100,0	—	6,9	—	—	—	2	1	—	3	—	—	2	1	—	8	—	—	4	—	—	8
24	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
26	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	2	50,0	50,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
29	11	90,9	9,1	18,2	—	—	—	2	1	—	1	—	—	1	—	1	2	—	—	1	1	—	1
31	4	75,0	25,0	25,0	—	—	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	5	60,0	40,0	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—	1
34	1	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
35	15	93,3	6,7	—	—	—	—	6	—	—	5	—	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—
36	2	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—
37	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	7	100,0	—	42,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	1	—	2
40	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
41	38	92,1	7,9	13,2	—	—	—	4	2	3	1	2	—	3	1	—	6	—	—	7	—	—	9
42	22	72,7	27,3	13,6	1	3	3	—	—	—	—	—	—	5	—	2	6	—	1	—	—	—	1
43	29	100,0	—	20,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	2	—	6	—	—	7	4	—	4
44	31	96,8	3,2	12,9	—	—	—	3	2	—	4	—	—	4	—	1	7	—	—	3	2	—	5
46	3	66,7	33,3	66,7	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	2	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
48	1	100,0	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
50	2	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
51	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sa.	458	88,2	11,8	12,7	3	6	3	38	20	11	28	3	3	81	13	14	93	2	6	46	12	12	57

Tabelle 3.

Zusammenstellung der Abweichungen, welche die 54 im Jahre 1894 untersuchten, nicht genügenden Wasserzeichen-Papiere gegen die gewährleisteten Eigenschaften zeigten.

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
						A. Bezüglich der Festigkeitsklasse.					
1	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	—	1
2	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	1
3	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,1	—	1
4	2b	I	3	I	4	—	—	510	—	—	2
5	2b	I	3	I	4	—	—	435	—	—	2
6	3a	II	3	II	4	—	—	235	0,2	4 statt 5	2
7	3a	II	3	II	4	—	—	235	0,2	4 „ 5	2
8	3a	II	3	II	4	—	—	365	—	4 „ 5	2
9	4a	III	*	II	4	—	—	—	0,3	—	2
10	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,1	3 statt 4	2
11	4a	III	*	III	5	—	—	255	0,3	3 „ 4	2
12	4a	III	*	III	5	—	—	195	0,1	3 „ 4	2
13	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	2
14	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,3	—	2
15	4a	III	*	II	5	—	—	177	0,5	3 statt 4	2
16	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	4
17	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	4
18	4b	III	4	III	6	—	—	—	—	2 „ 4	4
19	2b	I	3	I	4	—	—	4	—	—	9
20	2a	I	2	I	3	—	—	125	—	—	15
21	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,1	—	15
22	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,1	—	17
23	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,2	—	29
24	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	31
25	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	5 statt 6	33
26	3a	II	3	II	4	—	—	—	0,2	4 „ 5	33
27	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	41
28	2a	I	2	I	3	—	—	200	0,1	—	41
29	2a	I	2	I	3	—	—	189	—	—	41
30	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 statt 5	42
31	1	I	1	I	2	—	—	95	—	—	42
32	1	I	1	I	2	—	—	90	—	—	42
33	1	I	1	I	2	—	—	—	0,3	—	42
34	3a	II	3	II	5	—	—	—	0,2	3 statt 5	44
35	2a	I	2	I	3	—	—	150	—	—	46
						B. Bezüglich der Stoffklasse.					
36	3b	II	4	III	4	Zu viel Holz- u. Strohcellulose	—	—	—	—	1
37	3b	II	4	III	3	—	0,3	—	—	—	12
38	3a	II	3	III	3	Zu viel Holzcellulose	—	—	—	—	17
39	3b	II	4	III	3	„ „ „	—	—	—	—	17
40	4b	III	4	IV	4	—	0,2	—	—	—	27
41	4a	III	*	IV	*	—	0,3	—	—	—	47
42	4a	III	*	IV	*	—	1,5	—	—	—	47
						C. Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse.					
43	3a	II	3	III	4	Zu viel Holzcellulose	—	—	0,2	4 statt 5	1
44	3a	II	3	III	4	—	3,8	60	—	—	34

Außerdem mußten zehn Papiere wegen mangelnder Leimung beanstandet werden; dieselben vertheilen sich auf folgende Firmen: drei Papiere von Nr. 8, je zwei Papiere von Nr. 17 und 42 und je ein Papier von Nr. 9, 16 und 35.

* Reißlänge = 3500 m, Dehnung = 2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern = 4.

Die Verstöße sind also, wie die Zusammenstellung ergiebt, fast durchweg leichter Natur, und auch in dieser Hinsicht ist eine Besserung gegen das Vorjahr zu beobachten.

Bei den Verstößen gegen die Festigkeit handelt es sich theilweise um eine etwas zu geringe Reißlänge (Minimum der Abweichung 4 m, Maximum 510 m), theils um eine etwas zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,5 %) und theils um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Minimum eine Stufe, Maximum zwei Stufen).

In sechs Fällen ist gegen zwei dieser drei Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen und in fünf Fällen gegen alle drei.

Bei den Verstößen gegen die Stoffklasse handelt es sich um meist geringfügige Ueberschreitungen des Aschengehaltes (Minimum 0,2 %, Maximum 3,8 %) und einen zu hohen Cellulosegehalt bei Papieren der Stoffklasse II, für welche bekanntlich höchstens 25 % Cellulose zugelassen sind.

Während aber im Jahre 1893: 18 Papiere der Stoffklasse II wegen eines zu hohen Cellulosegehaltes beanstandet werden mußten, gaben hierzu im Jahre 1894 nur vier Papiere Veranlassung.

Aus Tab. 3 ergiebt sich ferner, daß sich die 54 nicht genügenden Papiere auf 20 verschiedene Firmen vertheilen, unter denen sich die Firma Nr. 2 besonders ungünstig bemerkbar macht.

Zu erwähnen ist noch, daß von den Firmen 28 und 32, welche 1893 mit 11 bezw. 22 Papieren vertreten waren (hiervon genügten im ersten Fall nur 54,5 %, im letzten 59,1 %), im Jahre 1894 überhaupt keine Papiere zur Prüfung eingereicht wurden.

---

4. Kleinere Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Vorsteher der Abtheilung W. Herzberg.

a. Festigkeit des Papiers.

Das Maschinenpapier hat bekanntlich in der Maschinenrichtung seine größte und in der Querrichtung seine geringste Festigkeit; das Verhältniß der geringsten Festigkeit zur größten schwankt zwar bei verschiedenen Papiersorten, es hält sich jedoch meist zwischen den Grenzen 60 : 100 bis 75 : 100; indessen kommen auch Fälle vor, in denen die Werthe wesentlich mehr und andere, in denen sie wesentlich weniger von einander abweichen. Einige in dieser Hinsicht in der Versuchsanstalt gemachten Beobachtungen sind nachstehend (Tabelle 1 Seite 119) zusammengestellt.

Die Verhältnißwerthe für die Reißlänge schwanken also in den angeführten Beispielen von 33 : 100 bis zu 99 : 100. Besonders interessant sind die Papiere 19—22, bei welchen die Festigkeit in den beiden Hauptrichtungen fast gleich groß ist; solche Papiere gehören natürlich zu den Ausnahmen.

Ebenso wie die Festigkeit ist auch die Dehnung des Papiers nach den beiden Richtungen verschieden groß, nur ist das Verhältniß hier umgekehrt; die Maschinenrichtung zeigt die geringste, die Querrichtung die größte Dehnung. Die Verhältnißwerthe schwanken hier aber noch innerhalb weiterer Spielräume als bei der Festigkeit, wie aus der Tabelle 1 hervorgeht. Besonders fallen die Papiere Nr. 4, 21 und 17 auf; bei Nr. 4 und 21 sind die Unterschiede in der Dehnung sehr gering, bei Nr. 17 ist sogar die Längsdehnung ebenso groß wie die Querdehnung.

Tabelle 1.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältniß von Querrichtung zu Längsrichtung	Bruchdehnung		Verhältniß von Querrichtung zu Längsrichtung
		Querrichtung km	Längsrichtung km		Querrichtung %	Längsrichtung %	
1	Schreibpapier	1570	4730	33 : 100	1,7	1,5	113 : 100
2	Schreibpapier	2210	5460	39 : 100	2,4	1,9	126 : 100
3	Packpapier	3760	9760	39 : 100	4,6	2,1	219 : 100
4	Druckpapier	1720	4170	41 : 100	1,3	1,2	108 : 100
5	Konzeptpapier	2900	6500	45 : 100	2,6	1,5	173 : 100
6	Packpapier	4250	9060	47 : 100	6,7	2,8	239 : 100
7	Konzeptpapier	4000	7950	50 : 100	5,0	1,7	294 : 100
8	Konzeptpapier	3570	7010	51 : 100	4,1	1,4	293 : 100
9	Normal 3a	3260	5340	61 : 100	6,2	2,4	258 : 100
10	Briefumschlagpapier	2490	3350	74 : 100	5,7	2,5	228 : 100
11	Schreibpapier	4060	4790	85 : 100	4,5	3,3	136 : 100
12	Schreibpapier	4220	4800	88 : 100	3,2	2,0	160 : 100
13	Lithographiepapier	1900	2150	88 : 100	1,7	1,5	113 : 100
14	Urkundenpapier	6050	6760	90 : 100	6,4	4,9	131 : 100
15	Schreibpapier	4220	4690	90 : 100	3,0	2,0	150 : 100
16	Normal 2a	5350	5950	90 : 100	5,7	3,2	178 : 100
17	Lithographiepapier	1750	1950	90 : 100	1,5	1,5	100 : 100
18	Schreibpapier	4050	4440	91 : 100	4,6	3,2	156 : 100
19	Schreibpapier	4370	4600	95 : 100	6,3	3,3	191 : 100
20	Lithographiepapier	2100	2200	95 : 100	1,5	1,3	116 : 100
21	Normal 3a	3700	3800	97 : 100	3,6	3,3	109 : 100
22	Schreibpapier	4110	4170	99 : 100	4,1	2,4	171 : 100

Das bemerkenswertheste der 22 Papiere ist das unter Nr. 21 aufgeführte Normalpapier 3a, bei welchem sowohl die Reißlänge als auch die Dehnung der Maschinenrichtung von den entsprechenden Werthen der Querrichtung nur sehr wenig verschieden ist.

b. Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

Ueber die Bedeutung der Feuchtigkeit der Luft für die Festigkeits- und Dehnungswerthe von Papier bestehen immer noch Zweifel. So wandte sich kürzlich ein Fabrikdirektor mit folgender Anfrage an die Versuchsanstalt:

> „Die nöthigen Festigkeitsversuche habe ich bei Luftfeuchtigkeiten gemacht, die zwischen 61,5 und 75,5 % schwankten; kann ich nun die verhältnißmäßig geringen Differenzen vernachlässigen, oder ist es richtiger, die Festigkeit proportional dem Feuchtigkeitsgehalt niedriger und die Dehnung dementsprechend höher anzunehmen, oder verändern sich diese Eigenschaften nicht proportional, sondern nach einem anderen Gesetz?“

Wie bereits früher verschiedentlich besprochen wurde[1]), nimmt mit zunehmender Feuchtigkeit der Luft die Festigkeit eines Papiers ab, die Dehnung zu. Da die oben erwähnten Festigkeitsprüfungen bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden ausgeführt wurden, so sind die gewonnenen Ergebnisse nicht direkt vergleichbar.

Für eine Umrechnung der Werthe auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt fehlt es zur Zeit noch an einer wissenschaftlich feststehenden Grundlage, denn weder ändern sich die Festigkeits- und Dehnungswerthe proportional dem Feuchtigkeitsgehalt, noch ist zur Zeit ein Gesetz über die Aenderung dieser Eigenschaften bekannt. Die Wirkung der Feuchtigkeit ist bei Papieren

[1]) Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier. Vom Verfasser. „Mittheilungen“ 1893, Heft 2, S. 68.

von verschiedener Zusammensetzung verschieden. Nachstehend ein Beispiel über den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeit und Dehnung von Papier; ermittelt wurden die Werthe an einem aus reinen Lumpen hergestellten guten Schreibpapier.

Relative Feuchtigkeit der Luft %	Feuchtigkeitsgehalt der zerrissenen Streifen %	Bruchbelastung			Bruchdehnung			Reißlänge		
		Maschinenrichtung kg	Querrichtung kg	Mittel kg	Maschinenrichtung %	Querrichtung %	Mittel %	Maschinenrichtung km	Querrichtung km	Mittel km
100	21,5	3,07	2,59	**2,83**	8,9	14,1	**11,5**	2,41	2,03	**2,22**
90	13,5	4,89	3,67	**4,28**	9,8	14,4	**12,1**	3,83	2,88	**3,36**
80	8,9	7,41	5,21	**6,31**	10,2	13,7	**12,0**	5,75	4,06	**4,91**
70	8,4	8,64	6,20	**7,42**	8,9	12,1	**10,5**	6,77	4,83	**5,80**
60	6,5	9,24	6,42	**7,83**	8,1	9,9	**9,0**	7,20	5,00	**6,10**
50	5,6	9,86	6,80	**8,33**	6,6	7,6	**7,1**	7,68	5,32	**6,50**
40	3,4	10,18	6,78	**8,48**	4,0	4,0	**4,0**	7,93	5,31	**6,62**
30	2,3	9,60	6,82	**8,21**	2,9	3,1	**3,0**	7,45	5,31	**6,38**

c. Bambuspapier.

Der Versuchsanstalt wurde von einer Berliner Firma eine Probe grünes Packpapier zum Geschenk gemacht, welches der Firma als Bambuspapier geliefert war; die Versuchsanstalt interessirte sich lebhaft für dieses Fabrikat, da sie bisher noch nicht in den Besitz eines aus Bambusfaser hergestellten Papiers gelangen konnte[1]). Die mikroskopische Untersuchung zeigte nun aber, daß das Papier keine Bambusfasern, sondern vorzugsweise Adansoniafasern und in geringerer Menge Baumwolle enthielt; der Aschengehalt betrug 4,3 %; das Papier ist also den sogenannten Hanfpapieren, Manilapapieren ꝛc. an die Seite zu stellen, welche meist von den durch die Bezeichnung angegebenen Rohstoffen nichts enthalten.

Im vorliegenden Falle hat der Verfertiger für sein Erzeugniß die Bezeichnung Bambuspapier vielleicht nur deshalb gewählt, um anzudeuten, daß es sich um ein Fabrikat von besonderer Festigkeit handelt.

Bei einer Dicke von rund 0,2 mm und einem Quadratmetergewicht von 150 g besitzt das Papier eine mittlere Reißlänge von 4550 m und eine mittlere Dehnung von 4,6 %; sein Widerstand gegen Zerknittern konnte fast als „außerordentlich groß" bezeichnet werden.

Das Papier liefert somit einen weiteren Beweis dafür, daß sich der Adansoniabast, wie schon früher erwähnt[2]), zur Herstellung fester Packpapiere gut eignet.

[1]) Die in der Versuchsanstalt vorhandenen Muster von Bambuscellulose wurden in der Anstalt selbst hergestellt durch Aufschließen von Bambusrohr im Autoclaven, Bleichen ꝛc.

[2]) Vergl. „Mittheilungen" 1890, Heft 2, Seite 82: Adansoniapapier.

Berichtigung.

In Heft 5 der „Mittheilungen" 1894 Seite 202 ist auf Zeile 16 bis 18 statt

„Bestimmung des Gewichtsverlustes, welchen eine ursprüngliche Probe und eine **durch Erhitzen auf dem Wasserbade unter Rühren künstlich von Wasser befreite Probe** erleidet"

zu lesen:

Bestimmung des Gewichtsverlustes, welchen eine ursprüngliche Probe und eine **mit Chlorkalcium von Wasser befreite Probe des Oeles beim Erhitzen auf dem Wasserbade unter Rühren** erleiden.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu **Berlin.**

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. **1895.** Viertes Heft.

1. Bekanntmachungen.

A. Reglement für die Königliche Kommission zur Beaufsichtigung a. der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, b. der chemisch-technischen Versuchsanstalt in Berlin. (W., Wilhelmstraße Nr. 80.)

§ 1.

Da die Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, nämlich:

1. Die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt an der technischen Hochschule (Berlin-Charlottenburg) mit den Unterabtheilungen
   - A. Abtheilung für Metallprüfung,
   - B. Abtheilung für Baumaterialprüfung,
   - C. Abtheilung für Papierprüfung,
   - D. Abtheilung für Oelprüfung und
2. die Königliche chemisch-technische Versuchsanstalt an der Bergakademie in Berlin

verwandte und ineinandergreifende Aufgaben verfolgen, so ist eine Kommission niedergesetzt, um die Beziehungen zwischen den genannten Anstalten in zweckmäßiger Weise zu vermitteln und die Einheit in der Thätigkeit derselben aufrecht zu erhalten.

§ 2.

Die Kommission ist zusammengesetzt aus Vertretern des Ministeriums für Handel und Gewerbe, des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten und des Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.[1])

[1]) Diese Kommission besteht gegenwärtig aus:
dem Ministerialdirektor, Wirklichen Geheimen Rath Schultz als Vorsitzenden,
dem Geheimen Ober-Baurath Lange und
dem Geheimen Ober-Baurath Wichert,
Vertretern des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten;
dem Geheimen Ober-Regierungsrath Dr. Wehrenpfennig,
Vertreter des Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten;
dem Geheimen Ober-Regierungsrath Mosler und
dem Geheimen Ober-Bergrath Nasse,
Vertretern des Ministeriums für Handel und Gewerbe.

§ 3.

Die betheiligten Minister ernennen aus den in § 2 bezeichneten Vertretern den Vorsitzenden der Kommission. Derselbe beruft die Kommission nach Bedürfniß, bezw. auf Antrag eines der Mitglieder.

§ 4.

Die Kommission hat die Aufgabe für den Zusammenhang in der Thätigkeit der Anstalten Sorge zu tragen, die bei den Arbeiten zu verfolgenden wissenschaftlichen und technischen Ziele festzustellen, die pünktliche und sachgemäße Erledigung der Arbeiten zu überwachen und die auf Grund dieser Ueberwachung erforderlich scheinenden Anordnungen zu treffen. Insbesondere hat sie die Gebührenordnungen festzusetzen und kann für umfangreiche Prüfungen die veröffentlichten Gebührensätze von Fall zu Fall ermäßigen oder ganz aufheben, wenn es sich um Versuche im wissenschaftlichen oder öffentlichen Interesse handelt.

§ 5.

Die Dienstvorschriften für die Direktoren der beiden Anstalten und für die Vorsteher der Abtheilungen der erstgenannten Anstalt werden auf Grund der Vorschläge der Kommission von den betheiligten Ministern erlassen.

§ 6.

Behufs Ausübung der Kontrole über die Geschäftsthätigkeit der Anstalten ist von jedem Direktor am Schluß jedes Vierteljahres ein Bericht über die empfangenen und vollzogenen Aufträge, sowie am Schluß jedes Jahres ein eingehender Jahresbericht über die Gesammtthätigkeit der Anstalt unter Hervorhebung der hauptsächlichsten wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse an die Kommission zu erstatten. Auf der Grundlage dieser Berichte, sowie der persönlichen in den Versuchsanstalten vorzunehmenden Revisionen ertheilt die Kommission ihre Anweisungen in Betreff der Handhabung der Versuchsarbeiten, bezw. beantragt die Kommission bei den betheiligten Ministern die etwa wünschenswerth scheinenden Aenderungen der bestehenden Dienstvorschriften.

§ 7.

Um die Thätigkeit der Versuchsanstalten in lebendiger Beziehung mit dem praktischen Leben zu erhalten, wird die Kommission von Zeit zu Zeit eine Konferenz von Sachverständigen aus den Kreisen der Industriellen und Techniker berufen und in Gemeinschaft mit denselben berathen, in wie weit die Anstalten nach ihren bisherigen Leistungen den gestellten Aufgaben genügen oder welche Wege zur vollständigeren Lösung derselben einzuschlagen sind.

§ 8.

Vorschläge, welche die Kommission in Betreff der Veränderung bezw. Erweiterung der Einrichtungen der Versuchsanstalten, sowie der Vervollständigung bezw. des Wechsels in ihrem Personale glaubt machen zu müssen, sind demjenigen Minister zu überreichen, zu dessen Verwaltung die Hochschule, mit welcher die Versuchsanstalt verbunden ist, gehört. An dieselbe Stelle sind Beschwerden über die Handhabung der Versuchsarbeiten zu richten, wenn die Weisungen der Kommission an die Direktoren der Anstalten erfolglos bleiben.

Die Vorschriften für die Benutzung der Königlichen technischen Versuchsanstalten stellt die Kommission fest.

§ 9.

Solche von Reichs- und Staatsbehörden oder von Privaten ausgehende Anträge, welche ausschließlich Versuche im allgemein wissenschaftlichen und technischen Interesse bezwecken, oder außergewöhnliche Maßregeln zur Erledigung nothwendig machen, müssen der Kommission vorgelegt werden, welche über deren Behandlung Beschluß zu fassen hat.

Berlin, den 10. April 1895.

Der Minister für Handel und Gewerbe.
von Berlepsch.

Der Minister der öffentlichen Arbeiten.
Im Auftrage: Schultz.

Der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.
Im Auftrage: de la Croix.

B. Dienstvorschriften für die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt[1]) und die Königliche chemisch-technische Versuchsanstalt[2]) in Berlin.

§ 1.

Die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt ist mit der technischen Hochschule zu Berlin verbunden und dem die letztere beaufsichtigenden Minister unterstellt.

Sie hat die Aufgabe, Versuche im allgemein wissenschaftlichen und öffentlichen Interesse anzustellen und auf Grund von Aufträgen von Behörden und Privaten Materialprüfungen auszuführen.

Die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt besteht aus 4 Abtheilungen:

A) der Abtheilung für Metallprüfung,
B) der Abtheilung für Baumaterialprüfung,
C) der Abtheilung für Papierprüfung,
D) der Abtheilung für Oelprüfung.

Die Königliche chemisch-technische Versuchsanstalt ist mit der Bergakademie zu Berlin verbunden und dem die letztere beaufsichtigenden Minister unterstellt.

Sie hat die Aufgabe, Versuche im allgemein wissenschaftlichen und öffentlichen Interesse anzustellen und auf Grund von Aufträgen der Behörden und Privaten chemische Prüfungen auszuführen.

§ 2.

Um den Zusammenhang der Versuchsanstalten unter einander zu erhalten und ihre Arbeitten zu überwachen, ist von den betheiligten Ministern die Kommission für die Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten eingesetzt.

§ 3.

Der an der Spitze der mechanisch-technischen Versuchsanstalt stehende Direktor und die Vorsteher ihrer Abtheilungen werden von dem die technische Hochschule beaufsichtigenden Minister ernannt.

---

[1]) Die Adresse lautet: Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt, Charlottenburg, Technische Hochschule.

[2]) Die Adresse lautet: Königliche chemisch-technische Versuchsanstalt, Berlin N., Invalidenstraße Nr. 44.

Der an der Spitze der chemisch-technischen Versuchsanstalt stehende Direktor wird von dem die Bergakademie beaufsichtigenden Minister ernannt.[1])

§ 4.

Ueber alle auf den Etat der Anstalten, die bei denselben beschäftigten Personen, die benutzten Räumlichkeiten, sowie auf generelle Anordnungen und Dienstvorschriften bezüglichen Angelegenheiten haben die Direktoren durch die Vermittelung des Rektors der Hochschule bezw. des Direktors der Bergakademie an den zuständigen Minister zu berichten und gleichzeitig Abschrift dieser Berichte der Aufsichtskommission mitzutheilen.

§ 5.

Ueber alle der Anstalt ertheilten Aufträge und von ihr ausgeführten Prüfungen hat jeder Direktor am Schlusse eines Vierteljahres einen Vierteljahresbericht und am Schlusse eines vollen Jahres einen eingehenden Jahresbericht unter Hervorhebung der hauptsächlichsten wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse der Aufsichtskommission zu erstatten.

§ 6.

Die Direktoren sind ermächtigt, über die der Versuchsanstalt überwiesenen Mittel innerhalb der Grenzen des Etats und für die in demselben bezeichneten Zwecke selbstständig zu verfügen. Zahlungsanweisungen für die mechanisch-technische Versuchsanstalt sind von dem Direktor auf die Kasse der technischen Hochschule, jedoch unter Gegenzeichnung des Syndikus derselben, auszustellen. Die Zahlungsanweisungen für die chemisch-technische Versuchsanstalt erfolgen von dem Direktor der Bergakademie auf Grund der von dem Direktor der Versuchsanstalt zu bescheinigenden Beläge an die Kasse der Bergakademie.

Die Direktoren haben die Vorschläge für die durch den Etat bereit zu stellenden Mittel für ihre Anstalten alljährlich so frühzeitig zu machen, daß sie gleichzeitig mit den Etatsanmeldungen der technischen Hochschule bezw. der Bergakademie dem zuständigen Minister vorgelegt werden können.

§ 7.

Die Direktoren haben die Anträge auf Anstellung der Abtheilungsvorsteher, der Assistenten und Chemiker durch den Rektor bezw. Direktor der betreffenden Hochschule dem zuständigen Minister einzureichen und soweit die Anstellungen auf kündbaren Verträgen beruhen, die Auflösung des Dienstverhältnisses auf gleichem Wege zu beantragen. Der Direktor der mechanisch-technischen Versuchsanstalt ist befugt, auch freiwillige Hülfsarbeiter zur Beschäftigung in dieser Anstalt zuzulassen. Diese sind den Dienstvorschriften in allen Punkten unterworfen. Sie haben die ihnen vom Abtheilungsvorsteher überwiesenen Arbeiten zu erledigen, ohne auf Berücksichtigung ihrer besonderen Wünsche Anspruch zu haben. Jedoch wird ihnen thunlichst Gelegenheit gegeben, sich mit allen Zweigen der Aufgaben der Anstalt bekannt zu machen. Die freiwilligen Hülfsarbeiter müssen die Verpflichtung einer mindestens drei Monate dauernden Thätigkeit eingehen. Eine Honorirung ihrer Thätigkeit findet der Regel nach nicht statt.

§ 8.

Sind die der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zugehenden Aufträge der Art, daß durch dieselben sowohl eine mechanische als eine chemische Untersuchung verlangt wird, so ist

[1]) Gegenwärtig ist Direktor der mechanisch-technischen Versuchsanstalt der Ingenieur Professor A. Martens, der chemisch-technischen Versuchsanstalt Professor Dr. Finkener.

der Direktor verpflichtet, der chemisch-technischen Versuchsanstalt den der letzteren zugehörigen Theil des Auftrages unter Beifügung der betreffenden Prüfungsstücke sofort zugehen zu lassen.

Desgleichen ist der Direktor der chemisch-technischen Versuchsanstalt, wenn die an ihn gelangenden Aufträge der Art sind, daß durch dieselben sowohl eine mechanische als eine chemische Untersuchung verlangt wird, verpflichtet, der mechanisch-technischen Versuchsanstalt den der letzteren zugehörigen Theil des Auftrages unter Beifügung der betreffenden Prüfungsstücke sofort zugehen zu lassen.

Daß dies geschehen, ist von den betreffenden Direktoren in dem Vierteljahresberichte (§ 5) nachzuweisen.

§ 9.

Die Direktoren sind verpflichtet, soweit es sich ohne erhebliche Betriebsstörung erreichen läßt, die von Reichs- oder Staatsbehörden gegebenen Aufträge vor den Privataufträgen zu erledigen und die Ausführung der letzteren in geordneter Reihenfolge vorzunehmen, so daß der ältere Auftrag den jüngeren möglichst voraufgeht. Sollte die Innehaltung vorstehender Vorschrift erhebliche Abweichungen erleiden müssen, so ist hierüber der Kommission sofort Bericht zu erstatten und von deren Entscheidung dem Antragsteller Mittheilung zu machen.

§ 10.

Die Direktoren haben der Kommission Anzeige zu machen, wenn sie wegen Ueberbürdung des arbeitenden Personals oder der Maschinen oder aus anderen Gründen Aufträge zurückweisen, oder den Beginn der Ausführung auf länger als zwei Monate verschieben müssen.

§ 11.

Die Direktoren führen die Korrespondenz mit den Auftraggebern und stellen die Zeugnisse über die vollzogenen Prüfungen aus.

Die Gebühren werden in der Regel vor der Versuchsausführung eingezogen und nur bei kleineren Beträgen unter Nachnahme erhoben. Die Beträge sind **postfrei an die Kasse der Königlichen technischen Hochschule in Charlottenburg** beziehentlich an die **Kasse der Königlichen Bergakademie zu Berlin N., Invalidenstraße Nr. 44,** einzusenden.

§ 12.

Die Direktoren führen je ein Dienstsiegel und einen Dienststempel; beide haben in der Mitte den preußischen Adler und die Umschrift:

„Mechanisch-technische Versuchsanstalt, Königliche technische Hochschule Berlin"

bezw.

„Chemisch-technische Versuchsanstalt, Königliche Bergakademie Berlin".

Die Prüfungszeugnisse werden mit dem Dienstsiegel versehen. Die Zeugnisse der mechanisch-technischen Versuchsanstalt müssen außer der Unterschrift des Direktors auch die des Vorstehers derjenigen Abtheilung tragen, in welcher die Versuche ausgeführt wurden. Dienstbriefe werden mit Marken, die mit dem Dienstsiegel gepreßt sind, verschlossen.

§ 13.

Alle Rechnungen, welche Ausgaben für die mechanisch-technische Versuchsanstalt betreffen, werden von dem Direktor mit Richtigkeits- oder Inventarisations-Bescheinigung versehen und nach erfolgter Mitzeichnung durch den Syndikus von der Kasse der technischen Hochschule bezahlt.

Diejenigen Rechnungen, welche Ausgaben für die chemisch-technische Versuchsanstalt betreffen, werden von dem Direktor mit Richtigkeits- oder Inventarisations-Bescheinigung versehen und nach erfolgter Anweisung durch den Direktor der Bergakademie von der Kasse dieser Hochschule gezahlt.

§ 14.

Bei den von Privaten ausgehenden Aufträgen haben sich die von den Anstalten auszufertigenden Prüfungszeugnisse auf Angabe der wissenschaftlichen Ergebnisse der Untersuchungen zu beschränken. Ueber jene Ergebnisse hinaus dürfen ohne besondere Genehmigung der Königlichen Aufsichtskommission keinerlei Aeußerungen über die allgemeine Brauchbarkeit des Prüfungsgegenstandes für bestimmte praktische Zwecke hinzugefügt werden.

Auf besonderen Antrag dürfen von den Direktoren Gutachten in Fragen abgegeben werden, die sich auf das Materialprüfungswesen oder einzelne Theile desselben beziehen.

§ 15.

Für den Direktor der mechanisch-technischen Versuchsanstalt wird in einem der Abtheilungsvorsteher ein ständiger Vertreter bestellt[1]). Dieser wird in Behinderungsfällen durch einen der Abtheilungsvorsteher vertreten. Die Abtheilungsvorsteher werden durch den ältesten Assistenten ihrer Abtheilung vertreten.

Für den Direktor der chemisch-technischen Versuchsanstalt wird in dem ersten Chemiker ein ständiger Vertreter bestellt[2]).

In Fällen langdauernder Behinderung werden die Vertretungen durch die zuständigen Minister geregelt.

§ 16.

Die Abtheilungsvorsteher an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt haben die technische Leitung der in ihrer Abtheilung auszuführenden Arbeiten und sind für deren sachgemäße Ausführung verantwortlich.

Der Abtheilungsvorsteher bestimmt die Reihenfolge der Versuche, sowie die Maschinen und Apparate, welche zu denselben benutzt werden sollen. Er hat für die Sicherung der in der Anstalt beschäftigten oder zuschauenden Personen Sorge zu tragen.

Die Assistenten, Chemiker, Gehülfen und Arbeiter haben den Weisungen, die der Direktor oder der Abtheilungsvorsteher ihnen kraft seiner Befugnisse als Vorgesetzter und Leiter der Versuche ertheilt, unbedingt Folge zu leisten.

§ 17.

Die Direktoren und die Abtheilungsvorsteher haben das Dienstgeheimniß zu wahren und dürfen weder mündlich noch schriftlich über die angestellten Versuche und ihre Ergebnisse an Unberufene Mittheilung machen.

Die Assistenten, Chemiker und Gehülfen sind bei dem Eintritt in ihren Dienst auf das Dienstgeheimniß von ihnen besonders hinzuweisen (vergl. § 18).

§ 18.

Die Assistenten und Chemiker werden in der Regel auf dreimonatliche Kündigung engagirt, doch ist in dem mit ihnen abzuschließenden Dienstvertrage ausdrücklich hervorzuheben,

[1]) Vertreter des Direktors ist zur Zeit der Ingenieur Professor M. Rudeloff.

[2]) Vertreter des Direktors ist zur Zeit der erste Chemiker J. Rothe.

daß Verletzung des Dienstgeheimnisses oder grobe Pflichtverletzung den Direktor zur sofortigen Entlassung berechtigt. Der Umfang der einem jeden Assistenten bezw. Chemiker zuzuweisenden Geschäfte wird durch den Abtheilungsvorsteher bezw. Direktor bestimmt. Beschwerden gegen den Direktor sind durch Vermittelung des Rektors bezw. Direktors der betreffenden Hochschule an den Minister zu richten.

§ 19.

Den Assistenten und bezw. den Chemikern ist es untersagt, in den Räumen der Versuchsanstalt ohne Auftrag der Vorgesetzten Versuche anzustellen.

Die für die Veröffentlichungen geeigneten Ergebnisse der Versuchsanstalten werden vorbehaltlich der Genehmigung der Auftraggeber in dem amtlichen Organe der königlichen Aufsichtskommission, den „Mittheilungen aus den Königlichen Versuchsanstalten zu Berlin“[1]) veröffentlicht.

Die Abtheilungsvorsteher, Assistenten und Chemiker bedürfen zur Abfassung von Berichten, Zeichnungen und Mittheilungen über die Versuchsanstalten, oder zur Abhaltung von öffentlichen Vorträgen über dieselben der Genehmigung des Direktors.

§ 20.

Die Abtheilungsvorsteher, Assistenten und Chemiker haben während der Herbstferien Anspruch auf je einen vierwöchentlichen Urlaub, der jedoch nicht gleichzeitig angetreten und nach den Bedürfnissen der Anstalt verkürzt werden kann. Zu anderer Zeit kann ihnen der Direktor bis zu acht Tagen Urlaub ertheilen. Ein längerer Urlaub bedarf der Genehmigung des Ministers.

§ 21.

Die an den Anstalten beschäftigten Gehülfen und Arbeiter werden von dem betreffenden Direktor, und zwar in der Regel mit 14tägiger Kündigungsfrist, angenommen. Der Direktor kann ihnen ohne Kürzung des Lohnes Urlaub bis auf drei Tage ertheilen. Beschwerden über die Abtheilungsvorsteher, Assistenten, Chemiker oder Mitgehülfen und Mitarbeiter haben sie an den Direktor zu richten. Das Recht sofortiger Entlassung im Falle grober Pflichtwidrigkeit ist bei dem Eingehen des Arbeitsverhältnisses seitens des Direktors vorzubehalten.

§ 22.

Die von Privaten und Behörden zu zahlenden Gebühren werden nach Maßgabe der aufgewendeten Zeit, der verbrauchten Materialien und der Abnutzung der Apparate berechnet. — Die Gebührenordnung, sowie die Vorschriften für die Benutzung der Versuchsanstalten werden durch die Kommission festgestellt. Für umfangreiche Prüfungen können gegen die Gebührenordnung ermäßigte Sätze mit Genehmigung der Aufsichtskommission vereinbart werden.

Berlin, den 10. April 1895.

Der Minister für Handel und Gewerbe.
von Berlepsch.

Der Minister der öffentlichen Arbeiten.
Im Auftrage: Schultz.

Der Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.
Im Auftrage: de la Croix.

---

[1]) Die „Mittheilungen“ erscheinen bei Julius Springer in Berlin (N., Monbijouplatz 3) in jährlich 4 bis 8 regelmäßigen und einer nach dem Bedürfniß sich richtenden Zahl von Ergänzungsheften seit dem Jahre 1883.

2. Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen und die Nothwendigkeit, denselben bei Feststellung einheitlicher Prüfungsverfahren zu berücksichtigen.

Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff.

In Heft 4—6 seiner Mittheilungen bringt das Technologische Gewerbemuseum zu Wien den Bericht über die Thätigkeit des Museums im Jahre 1894. In diesem Bericht ist auf Seite 94 als von „größerer Tragweite" die „Abhaltung einer Konferenz zur Vereinheitlichung der Hanfseil-Lieferungsbedingungen in Oesterreich-Ungarn" hervorgehoben und dann gesagt: „Das Ergebniß war die Aufstellung von Vorschriften zur einheitlichen Lieferung und Prüfung von Hanfseilen in Oesterreich-Ungarn, welche noch einigen größeren Interessenten nach Drucklegung zur Begutachtung unterbreitet und dann von den Behörden und den meisten größeren Fabriken bereits gutgeheißen, den sämmtlichen Seilinteressenten zur Annahme empfohlen werden soll. Damit wird dann eine feste, von gänzlich objektiver Seite ausgearbeitete Grundlage für die Fabrikation und den Handel mit Seilen, beziehungsweise deren Uebernahme bei Lieferung gegeben sein."

Die Einzelheiten über die Einberufung und Beschickung der genannten „Konferenz" sowie über die von ihr gefaßten Beschlüsse und deren Begründung waren bereits im letzten Heft der Wiener Mittheilungen besprochen. Wenn ich auch dem mitgetheilten Beschluß bezüglich der bei Zerreißversuchen anzuwendenden Seillänge nicht beizutreten vermochte, so glaubte ich dennoch seinerzeit keine Veranlassung zu haben, diesen Gegenstand weiteren Erörterungen zu unterziehen, weil die fraglichen Vereinbarungen nur mit Rücksicht auf ihre Einführung in Oesterreich-Ungarn besprochen waren. Da sie aber nunmehr nach den neueren Mittheilungen „sämmtlichen Seilinteressenten empfohlen werden sollen", erscheint es doch nothwendig, rechtzeitig Stellung zu ihnen zu nehmen, um nicht etwa durch Stillschweigen gegen die eigene Ueberzeugung Beschlüssen zur allgemeinen Annahme zu verhelfen, die nach dem freimüthigen Bekenntniß, welches in ihrer Begründung enthalten ist, seitens der genannten Konferenz aufgestellt wurden, ohne daß den Mitgliedern derselben auf einschlägige Versuche gestützte Erfahrungen zu Gebote standen.

Eine Stellungnahme in dieser Sache erscheint mir um so mehr geboten, um auch den deutschen „Seilinteressenten" Anregung zu geben mit zu arbeiten an der Entscheidung von Fragen, welche bedeutungsvoll werden können in erster Linie für die Beurtheilung des wahren Gebrauchswerthes der Seilfabrikate, dann aber auch für die materielle Lage des Einzelnen insofern, als bestehende Prüfungsvorschriften erfahrungsgemäß immer den Gang der Fabrikation und die hierbei zu treffenden Maßnahmen beeinflussen und, wenn sie nicht erprobte Erfahrungen zur Grundlage haben, leicht mit materiellen Schäden für den Erzeuger sowie für den Verbraucher verbunden sein können. —

„Ueber die Frage, welche Versuchslänge bei den Seilversuchen angewendet werden soll," heißt es in dem erwähnten Aufsatz[1]), „wurde aus dem Grunde gesprochen, weil einerseits verschiedene Versuchslängen in Gebrauch sind und andererseits die Meinungen über den Einfluß der Versuchslänge auf die Seilfestigkeit zu äußern Gelegenheit geboten werden sollte. Nachdem alle Fabrikanten fast ausnahmslos nur Fadenproben ausführen, so lagen von dieser

[1]) Professor B. Kirsch, Bericht über die Ergebnisse des Kongresses zur Berathung von Vorschriften für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Hanfseilen.

Seite keine Erfahrungen über die Einflüsse vor. Die k. k. Marine verwendet bei Seilen Versuchslängen von 60—70 cm; in der Versuchsanstalt des Museums werden immer 50 cm benutzt. Experimentell waren also solche Einflüsse nicht untersucht worden. Eine aufmerksame Beobachtung des Seilverhaltens beim Bruch, besonders bei Kabeln, lehrt, daß die Seile im Innern zu zerreißen beginnen. Vermuthlich ist also die gegenseitige Zerdrückung der beim Zug fest aufeinander gepreßten Litzen die erste Ursache des Bruches. Sollte sich dies bewahrheiten, so wäre wahrscheinlich die Versuchslänge ohne Einfluß auf die Seilfestigkeit. Um aber doch eventuell vorhandene Einflüsse für die Uebernahme unschädlich zu machen, wurde angenommen, in der Regel eine Länge von 50 cm anzuwenden. Daß diese Länge so gering gewählt wurde, hatte seinen Grund darin, daß meist vertikale Zerreißmaschinen in Anwendung stehen, bei denen große Längen Schwierigkeiten bereiten; ferner darin, daß dann der Materialaufwand bei den Proben geringer ist."

Hiernach standen also, wie schon gesagt, den Theilnehmern an der erwähnten Konferenz persönliche Erfahrungen über den Einfluß der Seillänge auf die Festigkeit der Seile nicht zu Gebote. Es liegt mir fern, hieraus irgend einen Vorwurf abzuleiten; wohl aber muß es mindestens befremden, daß Prof. Kirsch, weil er selber keine Versuche nach dieser Richtung ausgeführt hat, die Theilnehmer der Konferenz und alle, denen er die Beschlüsse zur Begutachtung vorgelegt, über diesen Punkt damit hinwegführt, daß er ausspricht: „Experimentell waren also solche Einflüsse nicht untersucht worden". Wenigstens hätte dieser Satz doch wohl vorsichtiger Weise durch die Worte „soweit bekannt" eine Einschränkung erfahren sollen, denn thatsächlich lag bereits damals eine Veröffentlichung über die Ergebnisse einschlägiger experimenteller Untersuchungen, ausgeführt in der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg vor.[1]) Prof. Kirsch stützt sich dann weiter darauf, daß „vermuthlich" die gegenseitige Zerdrückung der beim Zug fest aufeinander gepreßten Litzen die erste Ursache des Bruches ist, weil er durch „aufmerksame" Beobachtung des Seilverhaltens, besonders bei Kabeln, sich dahin belehrt glaubt, daß die Seile im Innern zu zerreißen beginnen.

Aus dieser Lehre, von der es heißt „sollte sich dies bewahrheiten", ist dann weiter der Schluß gezogen, daß „wahrscheinlich" die Versuchslänge ohne Einfluß auf die Seilfestigkeit ist und schließlich als vorschriftsmäßige Seillänge 50 cm gewählt, weil „meist vertikale Zerreißmaschinen in Verwendung stehen, bei denen große Längen Schwierigkeiten bereiten" und weil „dann der Materialaufwand bei den Proben geringer ist".

Ich glaube nicht fehl zu gehen in der Annahme, daß von den angeführten Gründen für die Wahl der geringen Probenlänge von 50 cm das Verlangen ausschlaggebend gewesen ist, Zerreißmaschinen mit geringer Einspannlänge die Möglichkeit der Verwendung bei Seiluntersuchungen zu wahren. Ob dies sachgemäß und „objektiv" ist, dies zu beurtheilen glaube ich dem Leser überlassen zu können, nachdem ich im Folgenden die Versuchsergebnisse nochmals kurz mitgetheilt haben werde, welche mich zu der Ansicht führten, daß die Länge der Seilprobe thatsächlich von nicht unerheblichem Einfluß auf deren Zugfestigkeit ist und daß dieser Einfluß bei einer Seillänge von 50 cm noch bei weitem nicht „unschädlich" gemacht ist.

Als Probematerial dienten zu diesen Versuchen zwei Seile von 30 m Länge, welche unter Angabe des Verwendungszweckes von verschiedenen Seilschlägereien bezogen waren, um

[1]) Mittheilungen 1894. S. 1—13. M. Rudeloff, „Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen".

Tabelle 1. **Mittelwerthe aus den Zugversuchen mit**

Zeichen des Garnes und des Seiles	Versuchslänge angenähert	Mittelwerthe für die Garne					Mittel-	
		Drehungen auf einen Meter	Gewicht für 1 m	Festigkeit			Drehungen auf einen Meter	Gewicht für 1 m
				Bruchlast	Reißlänge	Verhältnißzahlen		
	m		g	kg	km	%		g
I	3	48	4,61	35,8	7,76	100	76,5	253
	2			38,8	8,41	108	76,3	254
	1			41,0	8,89	115	76,7	255
	0,5			42,0	9,11	117	77,4	252
	0,25			45,5	9,86	127	75,9	253
II.	3	40,5	4,44	19,1	4,31	100	70,9	225
	2			20,0	4,51	105	71,7	227
	1			25,2	5,68	132	71,1	231
	0,5			27,0	6,09	141	71,1	228
	0,25			33,0	7,44	173	(72,6)	226

möglichst sogleich feststellen zu können, ob die Fabrikationsweise den Einfluß der Proben-Länge auf deren Festigkeit beeinträchtigt. Vorgeschrieben war bei der Bestellung der Seile nur, daß sie bei etwa 18 mm Durchmesser aus festem, langfaserigem russischem Hanf in Rundschlag als Lastseile zu fertigen seien und daß 1 kg des zu dem Seil verarbeiteten Garnes mit geliefert werden müsse.

Die Untersuchung der Seile erstreckte sich auf Versuchslängen von etwa 3,0—2,0—1,0—0,5 und 0,25 m und zwar wurden bei jeder dieser Längen drei Versuche angestellt. Die Proben wurden unter sorgfältiger Vermeidung von Auflockerungen der Seilenden in drei Folgen, von denen jede der Reihe nach alle fünf Versuchslängen umfaßte, von den Seilen abgeschnitten, um den Einfluß von Ungleichartigkeiten in der Herstellung möglichst auszuscheiden. Die Einspannung der Seile erfolgte mit Hülfe von Kortümschen Seilschlössern zwischen zwei gezahnten Keilbeilagen.

Um ferner den Einfluß der Luftfeuchtigkeit und der Zimmerwärme auf das mittlere Ergebniß möglichst zu beseitigen, wurden die einzelnen Abschnitte in der Reihenfolge ihrer Entnahme oder Bezeichnung geprüft, d. h. es gelangten nicht die Abschnitte gleicher Länge hinter einander zum Versuch, sondern der Reihe nach immer je eine Probe der verschiedenen Längen.

Die Garne wurden bei den gleichen Versuchslängen wie die Seile geprüft und zwar wurden bei jeder dieser Längen fünf Versuche angestellt.

Bezüglich der weiteren Einzelheiten der Versuchsausführung und der bei den Versuchen erhaltenen Einzelwerthe sei auf meinen oben angezogenen Aufsatz in den „Mittheilungen" verwiesen. Hier sind der Kürze wegen in Tab. 1 nur die Mittelwerthe wiedergegeben. Für die Reißlängen der Garne und Seile sind ferner Verhältnißzahlen hinzugefügt, welche für ein und dasselbe Material auf die bei 3,0 m Versuchslänge erhaltenen Werthe bezogen sind. Zur besseren Uebersicht sind diese Verhältnißzahlen schließlich in Fig. 1 für die Garne und in Fig. 2 für die Seile als Schaulinien dargestellt, indem die Versuchslängen als Abscissen und die zugehörigen Verhältnißzahlen als Ordinaten aufgetragen wurden. In beiden Figuren gilt die ausgezogene Linie für das Material I, die gestrichelte für das Material II.

Garnen und Seilen bei verschiedenen Versuchslängen.

werthe für die Seile

Dehnungen in % bei den übergeschriebenen Belastungen in kg und bezogen auf 50 kg Nulllast							Bleibende Dehnung in % nach den Belastungen in kg		Festigkeit		
80	160	240	575	910	1245	1580	160	240	Bruchlast kg	Reißlänge km	Verhältnißzahlen %
0,84	2,46	3,77	7,89	10,19	11,78	12,78	1,78	2,81	2533	10,01	100
1,01	2,25	3,70	7,58	9,77	11,27	12,33	1,61	2,72	2767	10,88	109
0,97	2,70	3,75	7,57	9,75	11,28	12,39	1,37	2,61	2867	11,23	112
0,23	1,01	2,18	6,08	8,48	10,02	11,21	0,16	1,00	2733	10,86	108
0,26	1,55	2,65	5,84	7,79	9,91	10,21	0,89	1,46	3068	12,15	121
1,08	3,33	5,05	10,24	12,44	13,92	14,82	2,77	4,06	2383	10,58	100
1,25	3,66	5,90	11,13	13,42	14,98	15,99	2,89	4,62	2517	11,10	105
0,89	3,02	5,15	10,57	13,02	14,46	15,37	2,08	3,68	2433	10,54	100
0,73	2,78	4,85	10,52	13,03	14,46	15,39	1,98	3,34	2600	11,41	106
0,49	2,27	4,27	9,33	11,73	13,03	14,97	1,27	2,36	2500	11,04	104

Aus Fig. 1 erkennt man, daß die Reißlänge beider Garne mit zunehmenden Versuchslängen bis zu 3,0 m abnimmt und daß der Einfluß der Versuchslänge bei dem Garn II erheblich größer ist als bei dem Garn I.

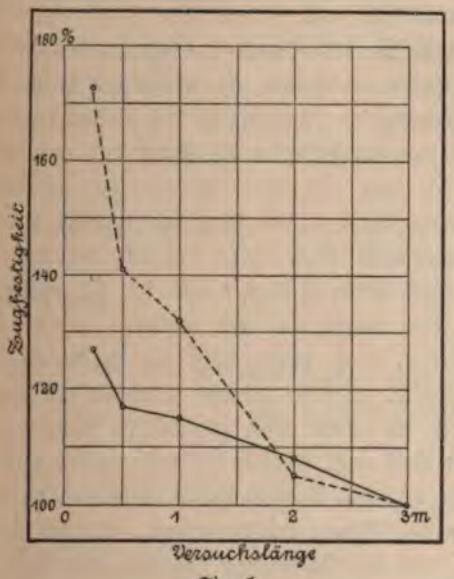


Fig. 1.

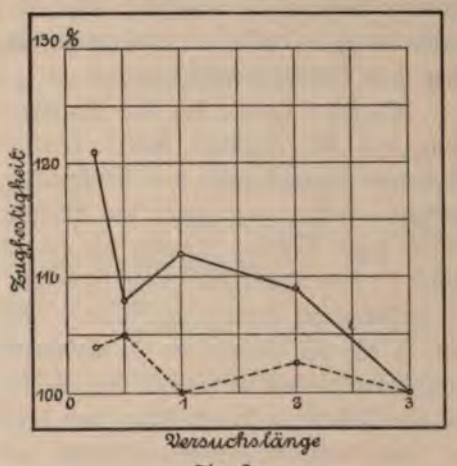


Fig. 2.

Nach Fig. 2 ist der Einfluß der Versuchslänge auf die Reißlänge bei dem Seil I unverkennbar; er nimmt einen weniger regelmäßigen Verlauf als bei dem zugehörigen Garn, dürfte aber nach den Ausgleichungen für Seil und Garn als annähernd gleich groß angesehen werden können. Bei dem Seil II ist er im Gegensatz zu den Garnen erheblich geringer als beim Seil I, aber immerhin gleichfalls als bestehend zu erachten.

Auf die a. O. gegebenen Erörterungen über diese Unterschiede im Verhalten beider

Seile und Garne will ich hier nicht näher eingehen. Ebenſo möge es unter Hinweis auf die Tabelle genügen, hervorzuheben, daß der Einfluß der Verſuchslänge auch in der Dehnung der Seile hervortritt.

Es liegt mir fern, behaupten zu wollen, daß der Einfluß der Verſuchslänge auf die Ergebniſſe der Seilprüfungen durch die mitgetheilten Ergebniſſe aus den Verſuchen mit nur zwei Seilſorten ein für alle Mal geſetzmäßig dargethan iſt. Vielmehr bin ich überzeugt, daß dieſer Einfluß je nach dem Material, der Konſtruktion und Fertigungsweiſe des Seiles ſowie deſſen Litzen und Garne anders ausfallen wird und daher ein eingehendes Studium dieſer Frage nothwendig iſt, bevor Beſtimmungen über die ſachgemäßeſte Probelänge bei Seilen vorgeſchlagen oder gar zur allgemeinen Annahme empfohlen werden können.

Aber das Eine dürfte aus den mitgetheilten Ergebniſſen bereits zur Genüge dargethan ſein, daß die Annahme, die Seillänge ſei ohne Einfluß auf die Bruchlaſt der Probe, eine Verkennung der Thatſachen iſt. Das Gleiche gilt von der zweiten Annahme, daß etwa „vorhandene Einflüſſe für die Uebernahme unſchädlich“ gemacht ſind, wenn die Seillänge bei den Verſuchen gleich 50 cm gewählt wird.

Es erübrigt nun noch zu unterſuchen, ob die Verſuchslänge von 50 cm nicht trotzdem hinreicht, um die mit ihr erlangten Verſuchsergebniſſe zu den zuverläſſigen und einwandfreien „Grundlagen für die Fabrikation und den Handel mit Seilen, beziehungsweiſe deren Uebernahme bei Lieferung“ rechnen zu können.

Zur Beantwortung dieſer Frage wird man meines Erachtens zu unterſcheiden haben, ob die am Seil ermittelte Bruchfeſtigkeit dazu dienen ſoll, nach ihr entweder 1. die Güte des zum Seil verarbeiteten Materials oder 2. die Feſtigkeit des Seiles an ſich zu beurtheilen.

1. Die Güte des Materials oder des Hanfes, — ſoweit ſie überhaupt durch den Zerreißverſuch und im beſonderen durch die Beſtimmung der Zugfeſtigkeit des Seiles ermittelt werden kann, — dürfte im Weſentlichen abhängen von der Feſtigkeit der Faſer und von deren Länge und Oberflächenbeſchaffenheit.

Abgeſehen davon, daß die Summe der Faſerfeſtigkeiten im Seil nie erreicht werden kann, weil die einzelnen Faſern verſchieden beanſprucht ſind, wird dennoch bei übereinſtimmender Fertigungsart und Konſtruktion der Seile deren Feſtigkeit mit der Faſerfeſtigkeit zunehmen, ſofern nicht unter der Belaſtung bei dem einen Seil ein ſtärkeres Gleiten der Faſern gegen einander eintritt, als bei dem anderen, d. h. ſofern nicht die Zerſtörung des Seiles in dem einen Fall durch Zerreißen der Faſern, in dem anderen durch Ueberwindung der Faſerreibung herbeigeführt wird. Sofern nun die Seile nicht hinreichend feſtgeſchlagen ſind, ſo daß ein Gleiten der Faſern im belaſteten Seil noch möglich iſt, kann dieſes Gleiten beim Zerreißverſuch nur durch die Wahl einer ſo geringen Verſuchslänge vermieden werden, daß alle Faſern an beiden Enden von der Einſpannvorrichtung erfaßt werden. Ob die Größe der hierzu erforderlichen Verſuchslänge unbedingt von der Faſerlänge abhängig iſt, laſſe ich dahingeſtellt, weil mir Ergebniſſe einſchlägiger Verſuche nicht bekannt ſind. Daß aber die Länge von 50 cm bei den beiden Seilen, über deren Prüfung oben berichtet wurde, hierzu noch zu groß war, erſcheint mir zweifellos, da ſonſt bei 50 cm und 25 cm Verſuchslänge die gleichen Seilfeſtigkeiten hätten erhalten werden müſſen, während 25 cm Verſuchslänge in Wirklichkeit eine größere mittlere Bruchlaſt ergab als 50 cm Verſuchslänge.

Somit iſt alſo die Verſuchslänge von 50 cm noch zu groß, um aus den mit ihr erlangten Seilfeſtigkeiten in allen Fällen einen ſicheren Schluß auf die Feſtigkeit des verarbeiteten Materials ziehen zu können.

2. Der Zerreißfestigkeit des Seiles an sich kann eine Bedeutung für die Beurtheilung der Güte des Seiles doch wohl nur dann beigemessen werden, wenn sie ermöglicht, das Verhältniß zwischen Betriebs- und Bruchlast zu ermitteln.[1]) Hierzu muß aber die Bruchlast unter solchen Verhältnissen festgestellt werden, welche den Betriebsverhältnissen entsprechen.

Da nun die Versuchslänge innerhalb gewisser Grenzen auf die Bruchlast von Einfluß ist, oder doch sein kann, und Seile in der Regel in größeren Längen verwendet werden, so sollte auch die Versuchslänge meines Erachtens bei allen Versuchen so groß gewählt werden, daß sie außerhalb der Grenze jenes Einflusses liegt. Daß die Länge von 50 cm hierzu aber nicht immer genügt, dürfte durch die oben besprochenen Versuchsergebnisse hinreichend erwiesen sein. —

Nachdem im Vorstehenden dargelegt ist, daß die Versuchslänge von 50 cm weder zur Bestimmung der Güte des Materials noch zur Ermittelung der praktisch ausnutzbaren Seilfestigkeit geeignet ist, bleibt zu erwägen, ob sie zweckmäßig kleiner oder größer zu wählen ist.

Die Bestimmung der Güteeigenschaft des Hanfes durch Zerreißversuche mit Seilen erscheint mir an sich verfehlt, weil eben, wie schon oben gesagt wurde, nicht alle Fasern im Seil gleichmäßig beansprucht sind und der Ausfall des Versuches daher stets mehr oder weniger von der Konstruktion und Fertigungsart des Seiles abhängt. Daher erachte ich es auch nicht für zweckmäßig mit der Versuchslänge noch unter 50 cm herunter zu gehen.

Welche Versuchslänge nun zur Ermittelung der praktisch ausnutzbaren Seilfestigkeit am zweckmäßigsten ist, muß weiteren eingehenden Untersuchungen vorbehalten bleiben. Bis dahin sollte man aber bestrebt sein, die anzuwendende Versuchslänge lieber übermäßig groß als zu klein zu vereinbaren. Daß hierdurch gewisse vertikale Zerreißmaschinen für Seilprüfungen ungeeignet werden, kann einen Hinderungsgrund nicht bilden; oder sollte die Industrie, Seilerzeuger wie Seilverbraucher, es im Interesse der Zerreißmaschinen mit kurzer Gebrauchslänge etwa gutheißen, daß Seile nach Art der oben genannten Probe I günstiger beurtheilt werden als solche nach Art der Probe II, weil der Einfluß der Versuchslänge bei den ersteren mehr hervortritt als bei den letzteren?!

---

3. Versuche mit afrikanischen Hölzern.

Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff.

A. Das Probematerial.

Als Material standen zu den nachstehend besprochenen und im Auftrage des Herrn Oberförster Lange zu Friedrichsruh ausgeführten Untersuchungen folgende Proben zur Verfügung:

1. von einer Eucalyptus rostrata vier Abschnitte gez. I und zwar:
   - a u. b) 2 Rundhölzer von etwa 120 mm Durchmesser und 75 mm Länge, beide mit einem bis zur Stammmitte reichenden, klaffenden Trockenriß, sowie
   - c u. d) 2 Halbhölzer von ebenfalls 120 mm Durchmesser und 215 bezw. 205 mm Länge. Das erstere dieser beiden Stücke trug in der Spalt-

[1]) Daß die am neuen Seil festgestellte Bruchlast für die Festigkeit des länger im Betriebe gewesenen Seiles nicht mehr ohne Weiteres gilt, kann hierbei nicht in Betracht kommen.

fläche eine bis zur Stammmitte reichende Kerbe von einem Trockenriß herrührend.

2. von einer Eucalyptus globulus sechs Abschnitte gez. II und zwar:
   a bis c) 3 Stück Rundhölzer von etwa 110 mm Durchmesser und 75 mm Länge; die Stücke trugen auf beiden Schnittflächen mehr oder weniger starke Trockenrisse, wie aus den beigegebenen Lichtbildern Fig. 1—3 Taf. III zu ersehen ist;
   d u. e) 2 Stück Halbhölzer von 100 mm Durchmesser und 200 bez. 220 mm Länge;
3. 1 Stück Rundholz von etwa 70 mm Durchmesser und 160 mm Länge;
4. 1 Stück Vierkantholz von 70 × 70 mm Querschnitt und 290 mm lang und
5. ein Brett von 270 mm Länge, 215 mm Breite und 18 mm Dicke.

Die drei letztgenannten Proben wurden in der Anstalt mit III bis V gezeichnet.

Nähere Angaben des Antragstellers zu den Hölzern III—V fehlten. Ueber den Ursprung der beiden Sorten I und II war in dem Antragsschreiben Folgendes mitgetheilt:

Die Holzabschnitte entstammen einer über 400 ha großen, jungen Waldanlage, welche von dem Direktor Genth zu Johannesburg in Transvaal in baumloser Steppe mit bestem Erfolge angelegt wurde.

Die Eucalyptus rostrata No. I war am 27. Januar 1890 als zwei Monate alter Keimling gepflanzt; bei der Fällung betrug ihre Länge 32 Fuß (9,75 m) und der untere Stammdurchmesser $7^1/_2$ Zoll (190 mm).

Die Eucalyptus globulus No. II war am 14. Oktober 1890, ebenfalls als zwei Monate alter Sämling gepflanzt, ihre Länge betrug bei der Fällung 35 Fuß engl. (10,6 m) und der untere Stammdurchmesser 7 Zoll (178 mm).

Beide Stämme sind auf magerem sandigen Boden gewachsen.

B. Die Probenentnahme und die Versuchsausführung.

Nach dem Antrage sollten die Untersuchungen sich erstrecken auf die Bestimmung: des absoluten und spezifischen Gewichtes, der Härte, Spaltbarkeit, Biegsamkeit, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Biegungsfestigkeit, Verwindungsfestigkeit und Scheerfestigkeit.

Von der Ausführung der Zug- und Verwindungsversuche mußte Abstand genommen werden, weil die Größe der eingelieferten Stücke zur Entnahme zweckmäßig gestalteter Proben für diese beiden Untersuchungen nicht hinreichte.

Die Bestimmung der Härte beschränkte sich auf die bei der Bearbeitung der einzelnen Proben gemachten Beobachtungen, da es an Einrichtungen zur Ausführung geeigneter Abnutzungsversuche fehlte.

Zur Bestimmung des Raumgewichtes wurden die Druckproben und Biegeproben, d. h. die auf prismatische Form bearbeiteten Stücke verwendet. Die Abmessungen der Proben wurden möglichst genau mit Hülfe einer Schublehre festgestellt, aus ihnen das Volumen und aus diesem und aus dem Gewicht der Proben das Raumgewicht berechnet.

Die Druckfestigkeit wurde an Würfeln ermittelt, welche zum größten Theil derart aus den Probestücken herausgeschnitten waren, daß die eine Kante des Würfels in Stammmitte und die gegenüberliegende möglichst nahe dem Stammumfang gelegen war, der Spiegel also mit der Verbindungsebene dieser beiden Kanten zusammenfiel. Bei den Proben 9 und 10 aus dem Stück Ic und 41—43, sowie 47—50 aus dem Stück IV (s. Tab. 2)

mußte von dieser Anordnung abgewichen werden; sie wurden derart entnommen, daß zwei gegenüberliegende Kanten der Druckflächen annähernd tangential zu den Jahrringen verliefen und die Stammmitte außerhalb der Probe lag. Bei allen Proben dienten die Hirnflächen als Druckflächen.

Die Biegungsfestigkeit wurde an prismatischen Stücken ermittelt, welche unter Wahrung einer möglichst großen Länge in der Längsrichtung derart aus den einzelnen Stücken herausgeschnitten waren, daß zwei gegenüberliegende Flächen tangential zu den Wölbflächen lagen. Bei der Entnahme der beiden Proben 39 und 40 (s. Tab. 3) aus dem Stück IV wurde ferner darauf Rücksicht genommen, daß die erstere das durch die dunklere Farbe gekennzeichnete Splintholz und die Probe 40 nur helleres Kernholz enthielt (s. Fig. 6 Taf. III)[1]). Die Belastung wirkte als Einzellast auf die an beiden Enden unterstützte Probe. Die Druckschneide war nach 6 mm Halbmesser abgerundet und zwischen ihr und der Probe eine eiserne Zwischenlage von 3—5 mm Dicke und 32—38 mm Länge (die Abmessungen standen im Verhältniß zu denen der Probe) eingeschaltet, um örtliche Verletzungen der Holzfasern an der Belastungsstelle zu verhindern; nur bei der Probe 24 fehlte diese Zwischenlage. Die Stützweite sowie die Querschnittsabmessungen wurden möglichst groß gewählt, um möglichst große Beobachtungswerthe sowohl für die Durchbiegungen als auch für die Bruchlasten zu erlangen. Die Durchbiegungen wurden mit Hülfe eines Bauschingerschen Rollenapparates ermittelt und zwar wurden als Durchbiegungen unmittelbar die Bewegungen der Belastungsschneide senkrecht zur Unterstützungsebene angesehen. Der Rollenapparat hatte zehnfache Uebersetzung, so daß Durchbiegungen von 0,1 mm an der Theilung abgelesen und 0,01 mm noch geschätzt werden konnten.

Ein unmittelbarer Vergleich der beobachteten Durchbiegungen ist nicht zulässig, weil die Proben verschiedene Abmessungen hatten. Um zu vergleichbaren Werthen zu gelangen, sind alle Beobachtungen auf einen Normalkörper von bestimmten Querschnitts-Abmessungen und einer einheitlichen Stützweite wie folgt umgerechnet, wobei angenommen ist, daß die Gesetze der Biegungslehre ihre Gültigkeit bis zum Bruch beibehalten und daß die beobachteten Biegungsspannungen beim Bruch auch für jede andere Querschnittsgröße erhalten sein würden.

Bezeichnen: P die Belastung,
l die Stützweite,
b die Breite,
h die Höhe,
E den Elastizitätsmodul,
f die Durchbiegung und
δ die Spannung bei der Belastung P,

so ist bei einem rechteckigen Stabquerschnitt

$$\text{I: } f = \frac{Pl^3}{4bh^3E} \quad \text{und} \quad \text{II: } \delta = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

Durch Umformung von Gleichung II ergiebt sich

$$P = \frac{2bh^2\delta}{3l}$$

Setzt man diesen Werth für P in Gleichung I ein, so erhält man

$$\text{III: } f = \frac{2bh^2\delta l^3}{3l\,4bh^3E} = \frac{\delta l^2}{6hE} = \frac{\delta}{6E} \cdot \frac{l^2}{h}$$

[1]) In diesem Bilde erscheint das Splintholz heller als das Kernholz.

Der Faktor $\frac{\delta}{6E}$ auf der rechten Seite der Gleichung III enthält nur konstante Größen, die Durchbiegung ist somit bei gleicher Spannung nur abhängig von der Stützweite l und der Höhe h. Ist nun die Durchbiegung f für die Länge l und die Höhe h durch den Versuch ermittelt, so berechnet sich f_1 für l_1 und h_1 aus der Proportion:

$$f : f_1 = \frac{l^2}{h} : \frac{l_1^2}{h_1}$$

das heißt, es ist

$$\text{IV.: } f_1 = f. \frac{l_1^2}{h_1} \cdot \frac{h}{l^2}$$

Um nun zu möglichst einfachen Rechnungswerthen zu gelangen, wurden die Abmessungen der normalen Biegungsprobe zu: $h_1 = 2$ cm; $b_1 = 1$ cm und $l_1 = 20$ cm angenommen. Setzt man diese Werthe in Gleichung IV ein, so erhält man

$$\text{V: } f_1 = f \frac{4000}{20} \cdot \frac{h}{l^2} = f. 200 \frac{h}{l^2}.$$

Nach dieser Gleichung sind die Beobachtungswerthe für die Durchbiegungen sämmtlich umgerechnet und die errechneten Werthe dann neben den beobachteten in Tab. 4 aufgeführt.

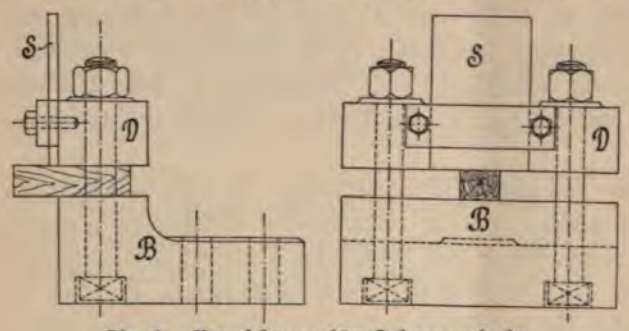


Fig. 1. Vorrichtung für Scheerversuche.

Die Scheerversuche wurden mit Hülfe der in Fig. 1 skizzirten Vorrichtung angestellt. Die Proben wurden zwischen den gehobelten Flächen des gußeisernen Bockes B, welcher früher anderen Zwecken gedient hatte, und des starken gußeisernen Deckels D fest eingespannt und dann mittelst des flachen stählernen Stempels S, welcher am Deckel sicher geführt war, belastet, so daß sie in dem durch die Vorderkante des Bockes und des Deckels begrenzten Querschnitt abgescheert wurden.

Die Proben hatten mit wenigen Ausnahmen einen länglichen rechteckigen Querschnitt. Das Abscheeren erfolgte in der Richtung der kleinen Seite. Diese Anordnung war, wenn es bei der Zerlegung irgend ermöglicht werden konnte, deshalb getroffen, damit für die Längeneinheit der Scheerfläche eine zur Druckfestigkeit des Materials verhältnißmäßig geringe Belastung erforderlich wurde und so örtliche Verdrückungen unter dem Stempel und am unteren Auflager möglichst hintenan gehalten waren und ein schmaler Druckstempel angewendet werden konnte.

Hinsichtlich der Scheerrichtung wurde bei der Probenentnahme und beim Versuch unterschieden zwischen Scheerwirkung

a) in der Wölbfläche von Hirn, wobei die Hirnflächen die Auflager bildeten und die Scheerfläche tangential zu den Jahrringen stand;

b) im Spiegel von Hirn, wobei die Hirnflächen wiederum die Auflager bildeten, die Scheerfläche aber radial zum Stamm verlief und

c) in der Wölbfläche vom Spiegel, mit den Spiegelflächen als Auflager und zu den Jahrringen tangentialer Scheerfläche.

An einer ganzen Reihe von Proben wurden mehrere (bis zu drei) Versuche angestellt. Bei dem Einspannen der zu a und c gehörigen Proben wurde dann möglichst darauf Bedacht genommen, daß die Scheerflächen abwechselnd im Herbst- und Frühjahrsholz lagen.

Die Versuche wurden unter langsamer und stetiger Laststeigerung auf der 50 t Pohlmeyer-Maschine ausgeführt.

Die Prüfung auf Spaltbarkeit wurde nach dem Verfahren von Nördlinger[1]) mit klammerartig geformten Probestücken (Fig. 2) ausgeführt. Die Belastung erfolgte nach Art eines Zugversuches auf der 1000 kg Maschine, Konstruktion des Verfassers, in der Weise, daß auf den Innenflächen der Gabel bei R dreieckige Einschnitte angebracht wurden, welche mittelst eingelegter Stahldrähte von 0,6 cm Durchmesser als Angriffspunkte einerseits der Zugkraft und andererseits des Widerlagers dienten. Um ein Maß für die beim Spalten aufzuwendende Arbeit zu gewinnen, wurden neben den Bruchbelastungen auch die Erweiterungen der Gabel für die einzelnen Laststufen ermittelt. Hierzu wurden mittelst Stecknadeln auf den Schenkeln zwei leichte Schleppzeiger befestigt, deren gegenseitige Verschiebung der Aufbiegung der Gabel in der Ebene der Festpunkte entsprach. Der Abstand der beiden Nadelstiche von einander (die Meßlänge) betrug 4 cm, ihre Entfernung von der Stirnfläche der Probe 10 cm, die freie, an der gemessenen Biegung betheiligte Schenkellänge 6 cm. Die Entnahme der Proben aus den Stammabschnitten erfolgte derart, daß theils die Wölbfläche, theils der Spiegel mit der Spaltfläche zusammenfiel.

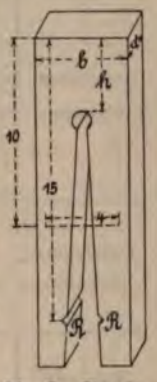


Fig. 2. Spaltprobe.

Bei der Bearbeitung wurde besonderer Werth darauf gelegt, daß sowohl die Länge h als auch die Breite d der Spaltfläche bei allen Proben gleiche Abmessungen erhielten; auch für die Schenkel war die gleiche Vorschrift gegeben, welche zwar nicht mit gleicher aber wohl immer noch mit hinreichender Genauigkeit innegehalten wurde, so daß die Beobachtungswerthe für die Aufbiegungen der Gabeln unmittelbar mit einander verglichen werden können.

C. Versuchsergebnisse.

1. Beobachtungen bei der Bearbeitung.

a) Die Proben aus Eucalyptus rostrata (I) schneiden sich mit der Säge der Länge nach wie Eiche und Esche, beim Querschneiden (Hirnfläche) zeigten sie die dem härteren Lindenholz und dem Ahorn eigenthümliche Erscheinung des Festsetzens der Säge, so daß ein größerer Kraftaufwand beim Schneiden erforderlich wird und die Schnittfläche ein rauhes Aussehen annimmt. Beim Behobeln nehmen die Spiegel- und Wölbfläche leicht befriedigende Glätte an; die Hirnfläche zeigt matte Stellen, indem die Fasern in den weicheren Zonen zum Zusammenschieben neigen.
Die mittlere Härte dürfte zwischen Esche und Weißbuche liegen.

b) Die Proben aus E. globulus (II) bearbeitete sich mit der Säge glatt wie Weiß- und Rothbuche. Beim Behobeln verhält die Hirnfläche sich wie bei der E. rostrata; die Wölbfläche läßt sich leicht und gut bearbeiten, zeigt aber wimmerigen Wuchs; die Spiegelflächen sind ähnlich wie beim Pappelholz „widerspänig"; einzelne Holztheile reißen je nach der Richtung des Hobelns aus, so daß

[1]) Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860, S. 243.

Tabelle 1. Raumgewichte der untersuchten Hölzer im lufttrockenen Zustande.

Material	Zeichen des Stammabschnittes	Nr. der Probe	Art der Probe	Körper-Inhalt V ccm	Gesammt-Gewicht G g	Raumgewicht: Einzelwerthe kg	Raumgewicht: Mittelwerthe für den Stammabschnitt kg	Raumgewicht: Mittelwerthe für die Holzart kg	Bemerkungen
Eucalyptus rostrata	Ia	1	Druck-	80,9	49,3	0,609	0,6265	0,6374	ästig und Schwindrisse.
		11		57,6	37,1	0,644			
	Ib	2		102,9	67,5	0,656	0,656		
	Ic	6	Biege-	114,0	81,3	(0,713)	0,6665		
		9	Druck-	8,9	6,0	0,674			
		10		9,1	6,0	0,659			
	Id	7	Biege-	66,3	39,8	0,600	0,610		
		8		115,6	71,7	0,620			
Eucalyptus globulus	IIb	28	Druck-	58,5	36,5	0,621	0,620	0,6076	
		29		47,2	29,5	0,614			
		31		53,0	33,1	0,625			
	IId	5	Biege-	62,3	35,8	0,575	0,575		
	IIc	30		69,1	41,7	0,603	0,603		
Rundholz	III	34	Druck-	11,2	4,4	0,393	—	0,398	
		35		10,3	4,1	0,398			
		36		10,9	4,4	0,404			
		37		10,6	4,2	0,396			
Vierkantholz	IV	39	Biege-	57,7	34,8	(0,603)	—	0,757	Splintholz.
		40		41,3	30,3	0,734			
		41	Druck-	28,2	22,0	0,780			
		42		25,1	20,0	0,797			
		43		27,3	22,3	0,817			
		47		14,3	10,4	0,727			
		48		14,6	10,25	0,702			
		49		27,7	21,05	0,760			
		50		8,2	6,05	0,738			
Brettstück	V	24	Biege-	94,3	59,5	0,631	—	0,669	
		25		93,6	64,0	0,684			
		26		95,0	67,5	0,710			
		27		96,3	62,7	0,651			

schwer vollkommen glatte Flächen zu erhalten sind (s. Lichtbild Fig. 4, Taf. III). Die mittlere Härte kommt derjenigen der Weißbuche nahe.

c) Die Hirnfläche des Rundholzes III nimmt beim Schneiden mit der Säge in Folge Ausbrechens kleiner Holztheile ein rauhes Aussehen an, welches mit dem Hobel sehr schwer zu beseitigen ist. In der Härte gleicht das Holz der Tanne. Sehr ausgeprägt sind die zahlreichen Markstrahlen oder Spiegelfasern, welche durch die äußerst dünne Rinde bis an die Oberfläche hindurch treten (s. Lichtbild Fig. 5, Taf. III).

Das Vierkantholz IV schneidet sich mit der Säge wie Eichenholz, auf der Hirnfläche traten an einzelnen heller gefärbten Stellen schwache Ausbröckelungen ein, so daß diese Stellen ein rauhes Aussehen annahmen. Beim Behobeln zeigt das Holz sich härter als Weißbuche und nimmt leicht große Glätte an, bei dem im Lichtbild Fig. 6, Taf. III dargestellten Aussehen.

Das Brettstück V verhält sich beim Schneiden mit der Säge wie Ahorn oder Eiche. Beim Behobeln zeigt die Hirnfläche die Härte von Ahorn und nimmt leicht Glätte an. Die

Tabelle 2. Ergebnisse der Druckversuche.

Material	Zeichen des Stammabschnittes	Nr. der Probe	Abmessungen: Seite a cm	Seite b cm	Höhe h cm	gedrückte Fläche F qcm	Inhalt der Probe V cm³	Gewicht lufttrocken: absolut G g	Raum-Gewicht: Einzelwerthe	Raum-Gewicht: im Mittel für die Holzart	Bruchbelastung: Gesammt kg	Spannung kg/qcm: Einzelwerthe	Spannung kg/qcm: im Mittel für die Holzart	Bemerkungen
Eucalyptus rostrata	Ia	1	4,16	4,50	4,32	18,7	80,9	49,3	0,609	648	7940	425	435	Bei den Proben 9 und 10 lagen die Kanten der Druckflächen annähernd tangential zu den Jahresringen; bei allen übrigen Proben lag die eine Kante im Kern, so daß zwei zusammenstoßende Flächen Spiegelflächen waren. — Die Proben 28 u. 29 zeigten vor dem Versuch auf den Druckflächen Trockenrisse.
		11	3,85	3,84	3,89	14,8	57,6	37,1	0,644		6000	405		
	Ib	2	4,71	4,74	4,61	22,3	102,9	67,5	0,656		10550	473		
	Ic	9	2,08	2,04	2,09	4,2	8,9	6,0	0,674		1840	440		
		10	2,06	2,11	2,10	4,3	9,1	6,0	0,659		1860	433		
Eucalyptus globulus	IIb	28	4,03	3,82	3,80	15,4	58,5	36,5	0,621	620	6520	424	448	
		29	3,66	3,65	3,53	13,4	47,2	29,5	0,614		5970	445		
		31	3,71	3,82	3,74	14,2	53,0	33,1	0,625		6760	476		
Rundholz	III	34	2,22	2,28	2,22	5,1	11,2	4,4	0,393	398	1100	216	222	
		35	2,24	2,24	2,06	5,0	10,3	4,1	0,398		1130	226		
		36	2,26	2,28	2,12	5,2	10,9	4,4	0,404		1160	224		
		37	2,17	2,22	2,20	4,8	10,6	4,2	0,396		1060	221		
Vierkantholz	IV	41	3,06	3,07	3,00	9,4	28,2	22,0	0,780	760	(1210)	(129)	595	Die Jahrringe lagen annähernd tangential zu den Kanten d. Druckflächen.
		42	3,04	3,02	2,73	9,2	25,1	20,0	0,797		(1180)	(128)		
		43	2,99	3,06	2,98	9,1	27,3	22,3	0,817		(1250)	(137)		
		47	2,44	2,42	2,43	5,9	14,3	10,4	0,727		3710	629		
		48	2,44	2,43	2,46	5,9	14,6	10,25	0,702		3850	653		
		49	3,03	3,04	3,01	9,2	27,7	21,05	0,760		4830	525		
		50	2,02	2,02	2,00	4,1	8,2	6,05	0,738		2350	573		

Spiegelfläche zeigt sich weniger hart, ähnlich wie Rüstern. Im übrigen hat es große Aehnlichkeit mit der Probe IV, nur das Aussehen der glatten Hirnfläche ist ein anderes.

Zu den Proben der Eucalyptus globulus (II) bleibt noch zu erwähnen, daß sie außer den zahlreichen Trockenrissen, welche an den Hirnflächen zu Tage traten, auch im Innern des Stückes unmittelbar neben eingewachsenen Aesten Hohlräume in Folge von Schwindung zeigten (s. Lichtbild Fig. 7, Taf. III).

2. Das Raumgewicht.

Die an den Druck- und Biegebogen ermittelten Raumgewichte sind in Tab. 1 zusammengestellt und hierbei zunächst getrennt für die einzelnen Stammabschnitte und dann für die verschiedenen Holzarten zu Mittelwerthen zusammengefaßt. Ausgeschlossen vom Mittel sind die an den Proben 6 und 39 ermittelten Werthe. Probe 6 zeigte ein auffallend hohes Raumgewicht wahrscheinlich in Folge eines in ihr enthaltenen Astes, und Probe 39 stand den übrigen Proben derselben Holzart im Gewicht wohl deshalb erheblich nach, weil sie allein dem äußersten Theil (Splint?) des Stammabschnittes IV entnommen wurde. Im Lichtbild, Fig. 6, Taf. III, unterscheidet sich dieser Theil durch hellere Färbung der Hirnfläche von dem übrigen Holz.

Die übrigen Proben ein und derselben Holzart zeigen sowohl in den Einzelwerthen als auch in den Mittelwerthen für die einzelnen Stammabschnitte befriedigende Uebereinstimmung in der Dichte.

Aus dem Vergleich der für die verschiedenen Holzarten erhaltenen Mittelwerthe und bei Einordnung nach steigendem Raumgewicht ergiebt sich folgende Reihenfolge: Rundholz III, Eucalyptus globulus, E. rostrata, Brettstück V und Vierkantholz IV. Das geringe Gewicht des Rundholzes von 0,398 wird nicht befremden, wenn man das schnelle Wachsthum in

Tabelle 3. **Ergebnisse**

Material	Zeichen des Stammabschnittes	Nr. der Probe	Richtung der Belastung zu den Jahrringen	Abmessungen					Inhalt der Probe b.h.L=V	Gewicht lufttrocken	
				Breite b cm	Höhe h cm	Widerstandsmoment $W=\frac{bh^2}{b}$ cm³	Ganze Länge L cm	Stützweite l cm	cm³	absolut G g	Raumgewicht G/V kg
Eucalyptus rostrata	Ic	6	tangential	2,38	2,40	2,285	21,70	20,4	114,0	81,3	0,713
	Id	7		2,51	1,35	0,763	19,55	18,0	66,3	39,8	0,600
		8	senkrecht, vom Splint zum Kern	2,37	2,42	2,313	20,15	18,0	115,6	71,7	0,620
Eucalyptus globulus	IId	5	tangential	1,32	2,42	1,288	19,50	18,0	62,3	35,8	0,575
	IIc	30	senkrecht, vom Splint zum Kern	2,07	1,64	0,928	20,35	18,0	69,1	41,7	0,603
Vierkantholz	IV	39	senkrecht, vom Kern zum Splint	1,92	1,51	0,730	19,90	18,0	57,7	34,8	0,603
		40	tangential	1,28	1,62	0,560	19,90	18,0	41,3	30,3	0,734
Brettstück	V	24	tangential	2,09	1,67	0,971	27,00	20,4	94,3	59,5	0,631
		26		2,10	1,67	0,976	27,05	20,4	95,0	67,5	0,710
		25	senkrecht, vom Kern zum Splint	1,65	2,10	1,213	27,00	20,4	93,6	64,0	0,684
		27	senkrecht, vom Splint zum Kern	1,70	2,08	1,226	27,20	20,4	96,3	62,7	0,651

Betracht zieht, welches aus dem Lichtbild Fig. 5; Taf. III an der Jahrringbreite deutlich zu erkennen ist.

Die beiden Eucalyptus-Arten zeigen annähernd gleiche Dichte.

3. Ergebnisse der Prüfung auf Druckfestigkeit.

Die Ergebnisse der Druckversuche sind in Tab. 2 zusammengestellt und für die verschiedenen Holzarten zu Mittelwerthen vereinigt. Wie schon oben erwähnt ist, wurden die Proben aus den Stammabschnitten Ia, Ib, IIb und III derart entnommen, daß die eine Würfelkante in Stammmitte lag und die Spiegelfläche die Diagonale bildete, während bei den übrigen Proben die Jahrringe mehr oder weniger parallel zu den Kanten verliefen. Die verschiedenartige Entnahme scheint beim Stamm I nach der guten Uebereinstimmung aller

[1]) Die Probe wurde ohne Zwischenlage zwischen Druckschneide und Probe geprüft, die eingeklammerten

Biegeversuche.

atung Werthe	Sammtdurchbiegung (Pfeil) und Biegungszuwachs, umgerechnet auf den Normalkörper bei den nachstehenden Spannungen													Proportionalitätsgrenze		Elastizitätsmodul	Bruchbelastung	
	Spannungen kg/qcm													Belastung				
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	Gesammt kg	kg/qcm	kg/qcm	Gesammt kg	kg/qcm
ungs-feil	21,5	49,0	76,5	104	141	198	275	390	518	760	—	—	—	190	420	1212	472	1090
ungs-wachs	—	27,5	27,5	27,5	37	57	77	115	128	242	—	—	—					
ungs-feil	22,8	55,6	88,4	121,2	154	195	240	306	425	617	—	—	—	85	500	1016	182	1070
ungs-wachs	—	32,8	32,8	32,8	32,8	41	45	66	119	192	—	—	—					
ungs-feil	30	110	245	410	570	730	860	960	1060	1190	1400	—	—	—	—	—	567	1100
ungs-wachs	30	80	135	165	160	160	130	100	100	130	210	—	—					
ungs-feil	32	81	130	195	272	360	480	655	900	—	—	—	—	90	320	680	264	920
ungs-wachs	—	49	49	65	77	88	120	175	245	—	—	—	—					
ungs-feil	25	58	98	138	180	223	280	352	445	580	—	—	—	—	—	—	224	1080
ungs-wachs	—	33	40	40	42	43	57	72	93	135	—	—	—					
ungs-feil	16	39,5	63,0	86,5	110	135	162	190	225	275	370	—	—	85	520	1418	193	1190
ungs-wachs	—	23,5	23,5	23,5	23,5	25	27	28	35	50	95	—	—					
ungs-feil	14	37,7	61,4	84,1	107,8	131,5	155,2	180	210	240	288	350	430	105	840	1410	171	1370
ungs-wachs	—	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,8	30	30	48	62	80					
ungs-feil	22,6	53,4	84,2	115	148	185	230	288	380	—	—	—	—	90	470	(1082)[1]	(190)	(1000)
ungs-wachs	—	30,8	30,8	30,8	33	37	45	58	92	—	—	—	—					
ungs-feil	19	45	71	97	123	149	175	203	238	280	330	400	550	120	630	1282	249	1310
ungs-wachs	—	26	26	26	26	26	26	28	35	42	50	70	150					
egungs-feil	21,6	49,2	76,8	104,4	132	165	200	240	293	375	490	627	810	135	570	1208	324	1390
egungs-wachs	—	27,6	27,6	27,6	27,6	33	35	40	53	82	115	137	183					
Biegungs-feil	24	54	84	114	144	175	210	255	300	360	445	545	680	120	500	1110	315	1310
Biegungs-Zuwachs	—	30	30	30	30	31	35	45	45	60	85	100	135					

Versuchswerthe ohne Einfluß auf die Druckfestigkeit gewesen zu sein, so daß es als zulässig erachtet wurde, für alle diese Proben einen gemeinsamen Mittelwerth zu bilden.

Die mit den Proben 41—43 (Stamm IV) erhaltenen Druckfestigkeiten erschienen mit Rücksicht auf die übrigen Festigkeitseigenschaften dieses Stammes zu gering und unwahrscheinlich. Daher wurden zur Kontrole die weiteren Proben 47—50 entnommen und zwar 49 und 50 hintereinander und unterhalb 41—43 aus der rechten oberen Ecke (s. Lichtbild Fig. 6, Taf. III), 47 und 48 dagegen neben 49 und 50 aus der linken oberen Ecke.

Diese vier Ersatzproben lieferten nahezu die fünffache Druckfestigkeit wie die ersten drei. Eine Erklärung für diese auffallenden Unterschiede hat nicht gefunden werden können, weil die in Tab. 2 angegebenen geringen Bruchlasten nicht nur von dem Versuchsausführenden als Ablesung für die Belastung in das Versuchsprotokoll eingetragen waren, sondern sich

[1] Werthe sind daher unsicher und nicht unmittelbar mit den Werthen der anderen Proben vergleichbar.

auch beim Ausmessen der von der Festigkeitsprobirmaschine selbstthätig aufgezeichneten Schaulinien ergaben. Trotzdem erscheinen sie im Vergleich mit den Ergebnissen der späteren Kontrolversuche unsicher. Sie sind daher in Tab. 2 in Klammern gesetzt und vom Mittel ausgeschlossen.

Ordnet man die untersuchten Hölzer nach steigenden Mittelwerthen für die Bruchspannung, ausgedrückt in kg/qcm, so erhält man folgende Reihenfolge: Rundholz III (222 kg), Eucalyptus rostrata I (435 kg), E. globulus II (448 kg) und Vierkantholz IV (595 kg).

4. Ergebnisse der Prüfung auf Biegungsfestigkeit.

Die Schlußwerthe aus den Biegeversuchen sind in Tab. 3 zusammengestellt. Sie geben in den Werthen für die Durchbiegungen und für den Elasticitätsmodul ein Maß für die

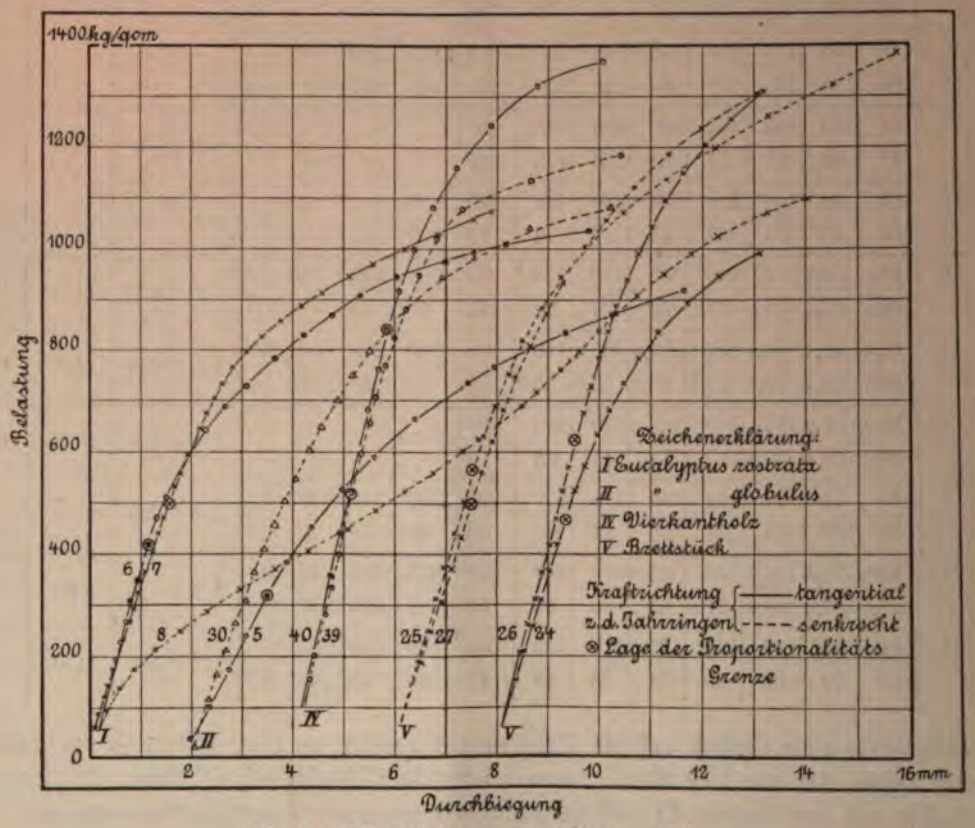


Fig. 3. Schaulinien zu den Biegeversuchen.

Biegsamkeit und in den Werthen für die Proportionalitäts- und Bruchgrenze ein Maß für die Biegungsfestigkeit der untersuchten Stammabschnitte.

Die in Tab. 3 angegebenen Durchbiegungen für die wachsenden Spannungsstufen sind durch Interpolation erhalten, indem sie, wie folgt, aus den Schaulinien (Ausgleichslinien) bestimmt wurden, welche in Fig. 3 nach den in Tab. 4 angegebenen und auf den Normalkörper umgerechneten Beobachtungswerthen (vergl. S. 135 und 141) aufgetragen sind.

Nach dem geradlinigen Verlauf der Schaulinien wurde zunächst die Proportionalitätsgrenze festgelegt, die zugehörige Durchbiegung abgegriffen und dann aus dieser der Biegungs-

Tabelle 4. Ermittelung der Durchbiegungen.

Probe Nr. 6: b = 2,38 cm; h = 2,40 cm; l = 20,4 cm; f_1 = 1,153 f							Probe Nr. 7: b = 2,51 cm; h = 1,35 cm; l = 18,0 cm; f_1 = 0,833 f						
Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm				Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm			
			beobachtete	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm						beobachtete	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		Werthe f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung	Gesammt kg	Spannung kg/qcm		Werthe f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
10	22	236	—	—	—		5	30	429	—	—	—	
30	67	250	14	16	16		10	59	436	7	6	6	
50	112	260	24	28	12		15	89	447	18	15	9	
70	156	270	34	39	11		20	118	457	28	23	8	
90	201	281	45	52	13		25	147	470	41	34	11	
10	22	244	8	9	—	9	30	177	479	50	42	8	
90	201	280	44	51	—		35	206	491	62	52	10	
110	245	293	57	66	15		40	236	503	74	62	10	
130	290	305	69	80	14		45	265	515	86	72	10	
150	334	312	76	88	8		50	295	527	98	82	10	
10	22	244	8	9	—	9	5	30	425	4	3	—	−3
150	335	311	75	87	—		50	295	525	96	80	—	
170	379	320	84	97	10		55	324	537	108	90	10	
190	424	331	95	110	13		60	354	550	121	101	11	
210	468	349	113	130	20		65	383	563	134	112	11	
10	22	246	10	12	—	12	70	413	576	147	122	10	
210	468	346	110	127	—		75	442	591	162	135	13	
230	513	364	128	148	21		80	472	601	172	143	8	
250	558	384	148	171	23		85	501	614	185	154	11	
270	602	410	174	201	30		90	531	630	201	167	13	
290	647	433	197	227	26		95	561	643	214	178	11	
310	692	467	231	266	39		100	590	657	228	190	12	
330	736	505	269	310	44		5	30	430	1	1	—	+1
350	780	550	314	362	52		100	590	658	229	191	—	
370	825	599	363	419	57		105	620	672	243	202	11	
390	870	647	411	474	55		110	649	688	259	216	14	
410	915	698	462	533	59		115	679	703	274	228	12	
430	960	803	567	654	121		120	708	722	293	244	16	
450	1005	920	684	789	135		125	738	740	311	259	15	
470	1050	1080	844	973	184		130	767	758	329	274	16	
472	1094	1130	894	1031	—		135	797	795	365	305	31	
10	22	670	433	499	—	499	140	826	834	405	337	32	
							145	856	885	456	380	43	
							150	885	928	499	415	35	
							155	915	965	536	446	31	
							160	944	1040	611	509	63	
							165	974	1100	671	559	50	
							170	1003	1170	741	617	58	
							175	1033	1245	816	679	62	
							180	1062	1327	898	747	68	
							182	1073	1370	941	784	37	
							5	30	949	520	433	—	+433

zuwachs für gleiche Lastzunahme innerhalb der Proportionalitätsgrenze berechnet, wobei darauf Rücksicht genommen wurde, daß die Durchbiegungen erst von einer gewissen Anfangsspannung ab beobachtet waren. Oberhalb der P-Grenze wurden die Werthe für die Durchbiegung ohne Weiteres aus den Schaulinien entnommen.

Der Elastizitätsmodul wurde unter Zugrundelegung des auf Seite 136 erwähnten Normal-

Probe Nr. 8: b = 2,37 cm; h = 2,42 cm; l = 18,0 cm; f_1 = 1,494 f							Probe Nr. 5: b = 1,32 cm; h = 2,42 cm; l = 18,0 cm; f_1 = 1,500 f						
Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm				Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm			
			beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm						beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung	Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
10	19	192	—	—	—		10	35	400	—	—	—	
30	58	202	10	15	15		30	105	423	23	35	35	
50	97	212	20	30	15		50	174	445	45	68	33	
70	136	230	38	57	27		70	244	470	70	105	37	
90	175	248	56	84	27		90	324	495	95	143	38	
10	19	200	8	12	—	12	10	35	400	0	0	—	± 0
90	175	255	63	94	—		90	324	495	95	143	—	
110	214	275	83	124	30		110	384	522	122	183	40	
130	253	310	118	176	52		130	454	557	157	236	53	
150	292	345	153	228	52		150	524	594	194	291	55	
10	20	210	18	26	—	26	10	35	407	7	11	—	+ 11
150	292	352	160	239	—		150	524	594	194	291	—	
170	331	390	198	296	57		170	593	634	234	351	60	
190	370	434	242	362	66		190	663	685	285	428	77	
210	409	477	285	426	64		210	733	760	360	540	112	
10	20	217	25	36	—	36	10	35	430	30	45	—	45
210	409	490	298	446	—		210	733	758	358	537	—	
230	447	530	338	506	60		220	768	790	390	585	48 } 122	
250	486	567	375	561	55		230	803	839	439	659	74 }	
270	525	605	413	618	57		240	838	886	486	729	70 } 166	
290	564	640	448	670	52		250	873	950	550	825	96 }	
310	603	680	488	730	60		260	908	1005	605	908	83	
330	642	715	523	782	52		264	922	1040	640	960	52	
350	681	755	563	842	60		5	18	450	50	75	—	(75)
370	720	780	588	879	37								
10	20	230	38	54	—	54							
370	720	780	588	879	—								
390	759	810	618	924	45								
410	798	835	643	961	37								
430	836	857	665	994	33								
450	875	884	692	1034	40								
470	914	905	713	1065	31								
490	953	946	754	1126	61								
510	992	980	788	1177	51								
530	1031	1010	818	1222	45								
550	1070	1080	888	1327	105								
567	110	1130	938	1402	75								
10	20	570	378	562	—	562							

körpers aus dem für diesen berechneten Biegungszuwachs, für je 100 kg/qcm Spannungszunahme (Tab. 3) wie folgt ermittelt.

Aus der Gleichung III, Seite 135 ergiebt sich

$$E = \frac{\delta l^2}{6\,h\,f}$$

und wenn man die Abmessungen des Normalkörpers und $\delta = 1$ in diese Gleichung einsetzt:

$$E = \frac{1}{f} \cdot 333{,}3.$$

Bei Beurtheilung der erhaltenen Ergebnisse hat man zu berücksichtigen, daß die Lage der Jahrringe zur Kraftrichtung verschieden war. Bei einem Theil der Proben wirkte die

Probe Nr. 30: b = 2,07 cm; h = 1,64 cm; l = 18,0 cm; f_1 = 1,012 f

Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in 1/1000 cm	Durchbiegung in 1/1000 cm			
			beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
5	24	151	—	—	—	
15	73	164	13	19	19	
25	121	181	30	30	11	
35	170	197	46	46	16	
45	218	214	63	64	18	
5	24	153	2	2	—	2
45	218	214	63	64	—	
55	267	233	82	83	19	
65	315	252	101	102	19	
75	364	270	119	120	18	
5	24	154	3	3	—	3
75	364	272	121	122	—	
85	412	291	140	141	19	
95	461	311	160	161	20	
105	509	333	182	184	23	
5	24	161	10	10	—	10
105	509	333	182	184	—	
115	558	353	202	204	20	
125	606	378	227	229	25	
135	655	403	252	254	25	
145	704	439	288	290	36	
155	752	470	319	321	31	
165	800	501	350	352	31	
175	849	532	381	383	31	
185	897	590	439	442	59	
195	945	647	496	500	58	
205	994	705	554	559	59	
215	1043	805	654	660	101	
224	108	967	816	824	164	
5	24	505	354	357	—	357

Probe Nr. 39: b = 1,92 cm; h = 1,51 cm; l = 1,80 cm; f_1 = 0,932 f

5	31	362	—	—	—	
15	92	378	16	15	15	
25	154	394	32	30	15	
35	216	408	46	43	13	
45	277	425	63	59	16	
5	31	368	6	6	—	6
45	277	422	60	56	—	
55	339	441	79	74	18	
65	400	455	93	87	13	
75	462	468	106	99	12	
85	524	483	121	113	14	
5	62	368	6	6	—	6
85	524	482	120	112	—	
95	585	501	139	130	18	
105	647	524	162	151	21	
115	708	544	182	169	18	
125	770	559	197	183	14	
135	832	575	213	198	15	
145	893	600	238	221	23	
155	955	630	268	249	28	
165	1016	667	305	283	34	
175	1078	718	356	330	47	
185	1140	865	503	465	135	
193	1189	1060	698	644	179	

Probe Nr. 40: b = 1,28 cm; h = 1,62 cm; l = 18,0 cm; f_1 = 0,000 f

Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in 1/1000 cm	Durchbiegung in 1/1000 cm			
			beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
5	40	53	—	—	—	
15	121	70	17	17	17	
25	201	90	37	37	20	
35	281	108	55	55	18	
5	40	60	7	7	—	7
35	281	107	54	54	—	
45	361	122	69	69	15	
55	442	145	92	92	23	
5	40	60	7	7	—	7
55	442	145	92	92	—	
65	522	162	109	109	17	
75	602	180	127	127	18	
85	683	202	149	149	22	
5	40	60	7	7	—	7
85	683	202	149	149	—	
95	763	219	166	166	17	
105	843	244	191	191	25	
5	40	60	7	7	—	7
105	843	245	192	192	—	
115	924	267	214	214	22	
125	1004	291	238	238	24	
135	1084	325	272	278	40	
145	1164	377	324	324	46	
155	1245	440	387	387	63	
165	1325	527	474	474	87	
171	1368	660	607	607	133	
5	40	237	184	184	—	184

Probe Nr. 24: b = 2,09 cm; h = 1,67 cm; l = 2,04 cm; f_1 = 0,802 f

5	26	50	—	—	—	
10	53	56	6	5	5	
20	105	77	27	22	17	
30	158	98	48	38	16	
5	26	50	0	0	—	± 0
30	158	98	48	38	—	
40	210	117	67	54	16	
50	263	138	88	70	16	
60	315	158	108	86	16	
5	26	50	0	0	—	± 0
60	315	158	108	86	—	
70	368	178	128	102	16	
80	420	198	148	118	16	
90	473	220	170	136	18	
5	26	57	7	6	—	+ 6
90	473	234	184	148	—	
100	525	248	198	160	12	
110	578	276	226	181	21	
120	630	297	247	198	17	
130	683	326	276	221	23	
5	26	69	19	15	—	15
130	683	329	279	223	—	
140	735	358	308	247	24	
150	788	400	350	280	33	
160	840	448	398	319	39	
170	893	512	462	370	51	
180	945	590	540	432	62	
190	998	685	635	508	76	

Probe Nr. 26: b = 2,10 cm; h = 1,67 cm; l = 20,4 cm; $f_1 = 0{,}802\ f$

Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm			
			beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
5	26	95	—	—	—	
10	52	104	9	7	7	
20	105	122	27	22	15	
30	157	138	43	34	12	
5	26	98	3	2	—	2
30	157	137	42	34	—	
40	209	154	59	47	13	
50	262	172	77	62	15	
60	314	189	94	75	13	
5	26	99	4	3	—	3
60	314	188	93	75	—	
70	366	206	111	89	14	
80	418	223	128	102	13	
90	471	239	144	115	13	
5	26	101	6	5	—	5
90	471	238	143	114	—	
100	523	254	159	127	13	
110	575	271	176	141	14	
120	628	289	194	155	14	
130	680	307	212	170	15	
5	26	104	9	7	—	7
130	680	307	212	170	—	
140	732	325	230	184	14	
150	785	345	250	200	16	
160	837	363	268	214	14	
5	26	110	15	12	—	12
160	837	368	273	218	—	
170	889	390	295	236	18	
180	941	414	319	255	19	
190	994	440	345	276	21	
200	1046	478	383	306	30	
210	1098	509	414	331	25	
220	1151	550	455	364	33	
230	1203	595	500	400	36	
240	1255	670	575	460	60	
249	1308	730	635	508	48	
5	26	219	124	99	—	99

Probe Nr. 25: b = 1,65 cm; h = 2,10 cm; l = 20,4 cm; $f_1 = 1{,}009\ f$

Belastung		Ablesungen für die Durchbiegungen in $^1/_{1000}$ cm	Durchbiegung in $^1/_{1000}$ cm			
			beobachtete Werthe	Umgerechnet auf einen Normalkörper von: b = 1 cm; h = 2 cm und l = 20 cm		
Gesammt kg	Spannung kg/qcm		f	Gesammt f_1	Biegungszuwachs	bleibende Durchbiegung
5	21	77	—	—	—	
15	63	85	8	8	8	
30	126	106	29	29	21	
45	189	121	44	44	15	
60	252	138	61	62	18	
5	21	81	4	4	—	4
60	252	138	61	62	—	
75	315	157	80	81	19	
90	378	172	95	96	15	
105	441	190	113	114	18	
120	504	209	132	133	19	
5	21	81	4	4	—	4
120	504	209	132	133	—	
135	567	227	150	152	19	
150	630	248	171	173	21	
165	693	272	195	197	24	
180	756	299	222	224	27	
5	21	89	12	12	—	12
180	756	299	222	224	—	
195	819	324	247	249	25	
210	882	362	285	288	39	
225	945	400	323	325	37	
240	1008	447	370	374	49	
255	1071	521	444	448	74	
270	1134	598	521	526	78	
285	1197	698	621	627	101	
300	1260	798	721	728	101	
315	1323	922	845	853	125	
324	1386	1050	973	980	127	
5	21	310	233	235	—	235

Probe Nr. 27: b = 1,70 cm; h = 2,08 cm; l = 20,4 cm; $f_1 = f$

5	21	100	—	—	—	
15	62	107	7	7	7	
30	125	130	30	30	23	
45	187	150	50	50	20	
60	249	170	70	70	20	
5	21	100	0	0	—	± 0
60	249	170	70	70	—	
75	312	190	90	90	20	
90	374	208	108	108	18	
105	436	228	128	128	20	
120	498	248	148	148	20	
5	21	103	3	3	—	+ 3
120	498	248	148	148	—	
135	561	268	168	168	20	
150	623	289	189	189	21	
165	685	312	212	212	23	
180	748	337	237	237	25	
5	21	108	8	8	—	8
180	748	340	240	240	—	
195	810	364	264	264	24	
210	872	397	297	297	33	
225	935	429	329	329	32	
240	997	470	370	370	41	
255	1059	515	415	415	45	
270	1121	570	470	470	55	
285	1184	635	535	535	65	
300	1246	700	600	600	65	
315	1308	820	720	720	120	

Kraft nämlich tangential, bei einem anderen senkrecht zu den Jahrringen (s. Spalte 4 Tab. 3). Nördlinger unterscheidet in dieser Beziehung Proben mit „aufrechtstehenden" und „glattliegenden" Jahrringen und führt an, daß die ersteren nach den Versuchen von Duhamel eine geringere Durchbiegung und höhere Tragfähigkeit besitzen als die mit glattliegenden Jahrringen.

Tabelle 5. **Vergleich der Biegungsfestigkeiten bei zu den Jahrringen tangentialer und senkrechter Kraftrichtung.**

Material.[1])	Zeichen		Proportionalitäts-Grenze			Bruchspannung kg/qcm		
	der Stammabschnitte	der Proben	Beobachtungswerthe kg/qcm		Verhältnißzahlen; tangential = 100	Beobachtungswerthe		Verhältnißzahlen; tangential = 100
			tangential	senkrecht		tangential	senkrecht	
Eucalyptus rostrata	Id	7 und 8	500	—	—	1070	1100	102,8
Eucalypt. globulus	IId und IIe	5 und 30	320	—	—	920	1080	117,4
Brettstück	V	26, 25, 27[2])	630	540	85,7	1310	1350	103,1
Mittelwerthe	—	—	—	—	(85,7)	1100	1180	107,8

Betrachtet man die vorliegenden Versuchsergebnisse zunächst von diesem Gesichtspunkte aus, so ergiebt sich aus der in Tab. 5 enthaltenen Gegenüberstellung Folgendes:

1. Die P-Grenze ist bei den tangential zu den Jahrringen belasteten Proben höher gelegen als bei den senkrecht zu den Jahrringen belasteten Proben.

Bei dem Stammabschnitt V (Brettstück) betrug der Unterschied etwa 14 % und bei den beiden Eucalyptus-Arten konnte eine P-Grenze unter senkrechter Belastung überhaupt nicht wahrgenommen werden.

2. Die Bruchfestigkeit ist bei zu den Jahrringen senkrechter Belastung größer als bei tangentialer Belastung.

Der Unterschied schwankt zu Gunsten der ersteren Belastungsweise zwischen 2,8 und 17,4 %, und zwar ist es gleichgültig, ob die senkrechte Belastung, wie bei Probe 25, vom Kern nach dem Splint hin gerichtet war, das jüngere Holz also auf der Zugseite lag, oder ob eine umgekehrte Belastungsrichtung vorlag wie bei den Proben 8, 30 und 27.

3. Die Durchbiegung der Proben ist bei den vorliegenden Versuchen durch die in Bezug auf die Jahrringe verschiedenartige Kraftrichtung nicht gesetzmäßig beeinflußt.

Von den beiden Proben aus dem Stammabschnitt Id zeigt die tangential belastete (Nr. 7) und von den beiden Proben aus dem Stamm II die senkrecht zu den Jahrringen belastete (Nr. 30) die geringere Durchbiegung, während bei den Proben 25, 27 und 24, 26 aus

[1]) Die Proben 39 und 40 konnten nicht mit in Betracht gezogen werden, da erstere Splint und letztere Kernholz enthielt.

[2]) Probe 24 wurde ohne Benutzung eines Reiters geprüft, wodurch die Bruchlast ungünstig beeinflußt erscheint und daher nicht zur Mittelbildung herangezogen wurde.

dem Brettstück V ein nennenswerther Unterschied in dieser Beziehung überhaupt nicht besteht (s. Fig. 3).

Die vorliegenden Untersuchungen geben somit keine bestimmte Bestätigung der oben angeführten Beobachtung von Duhamel. Dies Ergebniß dürfte nicht befremden, wenn man beachtet, daß einerseits das schnelle Wachsthum, d. h. die große Jahrringsbreite der Stämme, und andererseits die geringen Abmessungen der Proben Veranlassung waren, daß die Querschnitte nicht einmal das in einem Jahr in radialer Richtung des Stammes angesetzte Holz umfaßten und daß daher der Antheil, den das weichere und härtere Holz am Querschnitt hatten, von größerem Einfluß auf die Tragfähigkeit der Probe sein mußte, als die Lage der Jahrringe zur Belastungsrichtung.

Vergleicht man die verschiedenen Holzarten bezüglich ihrer Festigkeitseigenschaften unter einander, so zeigt sich, daß das Kernholz (Probe 40) aus dem Abschnitt IV die höchste Tragfähigkeit bei geringster Durchbiegung aufweist. Das Splintholz desselben Abschnittes (Probe 39) zeigt keine wesentlich andere Durchbiegung, aber um etwas geringere Bruchfestigkeit.

Die gleiche Festigkeit wie die Kernholzprobe des Abschnittes IV bei geringerem Elastizitätsmodul weisen die Proben aus dem Brettstück V auf. Die geringste Bruchfestigkeit bei geringstem Elasticitätsmodul ist bei den Proben der Eucalyptus globulus beobachtet.

Die bei den Biegeversuchen aufgetretenen Brucherscheinungen sind durch die Lichtbilder Fig. 1, und 2 Taf. IV, veranschaulicht, von denen Fig. 1 die Seitenansichten der gebrochenen Proben giebt, während Fig. 2 die äußersten beim Biegen auf Zug beanspruchten Faserschichten darstellt. Wie man aus diesen Lichtbildern erkennt, sind sämmtliche Brüche durch Zerreißen der meistgespannten Faserschicht auf der konvexen Seite der Probe unter Zusammenschieben (Stauchen) der Fasern auf der Druckseite entstanden.

Bei den Proben 8, 5, 40 und 26 spalteten einzelne Holztheile nach dem Zerreißen entsprechend der Faserrichtung schräge ab. Die übrigen Proben brachen zunächst senkrecht zur Längsrichtung mehr oder weniger tief ein und spalteten dann im Verlauf der Fasern der Länge nach auf. Unter den letzteren fallen besonders die Proben 7 und 30 durch den kurzen stumpfen Bruch (s. Fig. 2 Taf. IV) auf, welcher auf sprödes Material deutet, während die übrigen Proben durch den zackigen, splitterigen Bruchverlauf die große Zähigkeit des Materials erkennen lassen.

5. Ergebnisse der Prüfung auf Scheerfestigkeit.

Die Ergebnisse der Prüfungen auf Scheerfestigkeit sind in Tab. 6 getrennt nach Holzart und Stammabschnitt zusammengestellt. Bei Betrachtung dieser Ergebnisse hat man zu unterscheiden zwischen der Festigkeit im Spiegel und derjenigen in der Wölbfläche, ferner bei der letzteren dahin, ob der Schnitt einerseits durch Herbstholz oder Frühjahrsholz und andererseits von der Hirnfläche oder von der Spiegelfläche aus geführt wurde.

Bevor nun aber in die Besprechung dieser Ergebnisse eingetreten wird, erscheint es nothwendig, einige Erörterungen über den Verlauf der Brüche und über dessen Einfluß auf die Zuverlässigkeit der beobachteten Bruchlast vorauszuschicken.

Die verschiedenen Arten von Brüchen, welche bei den vorliegenden Scheerversuchen auftraten, sind durch die Lichtbilder, Fig. 4—10 Taf. IV, gekennzeichnet.

Fig. 4 (Probe 13) zeigt ein vollständig normales Abscheeren, bei dem die wirkliche Scheerfläche mit der angestrebten vollständig zusammenfällt und das in Fig. 5 veranschaulichte Aussehen hat. Ein derartiger Bruch wurde erzielt außer bei Probe 13 bei den Versuchen:

Tabelle 6. Ergebnisse der Untersuchung auf Scheerfestigkeit.

Material	Zeichen des Stammes	Nr. der Probe	Richtung der Scheerwirkung	Zeichen des Schnittes	Schnitt durch: (Holzart)	Abmessungen: Höhe cm	Breite cm	Scheerfläche qcm	Bruchbelastung[1]: Gesammt kg	kg/qcm	Bemerkungen über den Verlauf des Bruches
Eucalyptus rostrata	Ia	12	durch Wölbfläche von Hirn	a	nicht zu erkennen; a = 12, b = 25 u. c = 34 mm von der Rinde entfernt	2,89	4,45	12,86	< 2040	< 262	Schwach nach innen geneigt und am unteren Ende zusammengeschoben.
				b		2,89	4,45	12,86	< 1930	< 248	
				c		2,89	4,45	12,86	< 2000	< 257	
		13	durch Spiegel von Hirn	—	—	2,26	2,45	5,54	603	109	In der Schnittfläche, sehr eben.
	Ib	14	durch Wölbfläche von Spiegel	a	älteres **Herbstholz**	1,33	3,04	4,04	1070	265	Unregelmäßig, splitterig.
				b	**Frühjahrsholz** zwischen a und c	1,33	3,05	4,06	390	96	Desgl.
				c	jüngeres **Herbstholz**	1,33	3,05	4,06	1060	261	Desgl.
		15	durch Spiegel von Hirn	a	—	2,38	2,40	5,71	610	107	In der Schnittfläche, sehr eben.
				b		2,38	2,30	5,47	718	131	
				c		2,38	2,33	5,55	< 625	< 113	Nach innen geneigt, unregelmäßig.
		16	durch Wölbfläche von Hirn	a	**Frühjahrsholz** 10 mm von der Rinde entfernt	2,39	2,59	5,19	> 1080	> 208	Doppelbruch (s. Lichtbild Fig. 6 Taf. IV).
				b	**Herbstholz** 27 mm von der Rinde	2,39	2,59	5,19	> 960	> 185	
		17	durch Spiegel von Hirn	a	—	2,81	3,08	8,66	935	108	Nach außen geneigt.
				b		2,81	3,18	8,94	920	103	Sehr eben.
Eucalyptus globulus	IIb	32	durch Wölbfläche von Hirn	a	**Frühjahrsholz** 10 mm von der Rinde	2,32	2,66	6,17	< 960	< 156	Zackig zusammengeschoben (s. Lichtbild Fig. 9 Taf. IV).
				b	**Herbstholz** 25 mm von der Rinde	2,32	2,66	6,17	> 1270	> 206	Doppelbruch, Material zwischen beid. Brüchen zusammengeschoben.
		33	durch Wölbfläche von Spiegel	a	**Herbstholz** 40 mm von der Rinde	1,52	7,75	11,78	1290	110	Unregelmäßig splitterig.
				b	**Frühjahrsholz** 30 mm von der Rinde	1,52	7,75	11,78	815	69	
				c	**Herbstholz** 18 mm von der Rinde	1,52	7,75	11,78	1800	153	
		46	durch Spiegel von Hirn	a	—	2,90	4,15	13,04	1450	111	Unregelmäß., theilweise nach außen geneigt.
				b		2,90	3,57	10,35	1280	124	Desgl.
				c		2,90	3,43	9,95	1130	114	Desgl.
	IId	18	durch Spiegel von Wölbfläche	a	—	1,97	5,05	9,95	(630)	(63)	Unregelmäßig splitterig, Holzfasern unter etwa 15° geneigt zur Scheerfläche (s. Lichtbild Fig. 10 Taf. IV).
				b		1,97	5,05	9,95	(610)	(61)	

[1]) Die Bedeutung der Zeichen > und < ist S. 151 u. 152 erläutert.

Material	Zeichen des Stammes	Nr. der Probe	Richtung der Scheerwirkung	Zeichen des Schnittes	Schnitt durch: (Holzart)	Abmessungen: Höhe cm	Breite cm	Scheerfläche qcm	Bruchbelastung: Gesammt kg	kg/qcm	Bemerkungen über den Verlauf des Bruches.
Eucalyptus globulus	IId	19	durch Spiegel von Hirn.	a	—	2,22	3,17	7,04	< 910	< 129	Schwach nach innen geneigt, Holz schief gewachsen (s. Lichtbild Fig. 8 Taf. IV).
				b		2,23	2,92	6,51	< 880	< 135	
				c		2,24	3,12	6,99	< 840	< 120	
		20	durch Wölbfläche von Hirn	a	**Frühjahrsholz** 10 mm von der Rinde	2,34	2,35	5,50	> 700	> 127	Schwach geneigt zur Schnittfläche; Doppelbruch.
				b	**Herbstholz** 20 mm von der Rinde	(2,0) (2,34)	2,35	5,50	(600)	(127) (109)	In der Schnittfläche eben; Scheerstempel drang vor dem Bruch 3—4 mm tief ein.
		21	durch Spiegel von Hirn	a	—	2,67	2,99	7,98	850	106	Nach außen geneigt; schief gewachsen.
				b		2,66	2,85	7,58	820	108	
				c		2,65	3,20	8,48	740	87	
		22	durch Spiegel von Hirn	a	—	2,78	3,02	8,40	1070	127	Desgl.; Schnitt c in der Nähe eines Astes.
				b		2,78	2,86	7,93	580	73	
				c		2,77	2,99	8,28	780	94	
		44	durch Wölbfläche von Hirn	a	**Frühjahrsholz** 30 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	(< 520)	(< 149)	Nach innen geneigt, zusammengeschoben.
				b	**Herbstholz** 20 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	< 425	< 122	Unregelmäßig splitterig, nach innen geneigt.
				c	**Frühjahrsholz** 10 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	300	86	Schwach nach innen geneigt; fast eben.
		45	durch Wölbfläche von Hirn	a	**Frühjahrsholz** 8 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	< 510	(< 147)	Schwach nach innen geneigt, zusammengeschoben.
				b	**Herbstholz** 20 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	295	85	Nach außen geneigt, zusammengeschoben, splitterig.
				c	**Frühjahrsholz** 30 mm von der Rinde	1,87	1,86	3,48	110	31	Eben.

17b; 15a und b; 20b; 44c und 45c. Bei ihnen kann daher von einer Beobachtung der wirklichen Scheerfestigkeit des Materials gesprochen werden.

Fig. 6, Taf. IV (Probe 16) stellt denjenigen Bruchverlauf dar, welcher in Tab. 6 als „Doppelbruch" bezeichnet ist. Derartige Brüche verliefen in der Weise, daß die Probe zunächst in dem mit a⌒a bezeichneten Querschnitt, welcher innerhalb der Einspannung gelegen war, durchbrach, das Material zwischen diesem Bruch und der eigentlichen, angestrebten Scheerfläche b⌒b sich am unteren, auf dem Auflager gestützten Ende zusammenschob und dann erst das wirkliche Abscheeren in den Flächen b⌒b stattfand. Die Brüche a⌒a werden auf Biegungsspannungen zurückzuführen sein; da aber die beobachtete Bruchlast für den zweiten Bruch gilt, welcher durch Abscheeren entstand, so wird man den beobachteten Werth immer-

hin noch als für die Scheerfestigkeit des Materials gültig ansehen können. Um Weniges dürfte allerdings auch er durch den voraufgegangenen Bruch insofern ungünstig beeinflußt sein, als mit ihm eine ungleichmäßige Vertheilung der Belastung über den Querschnitt eintrat. Sobald nämlich der Bruch a⌒a erfolgt war, wurde das zwischen diesem Bruch und der eigentlichen Scheerfläche b⌒b gelegene Material auf Stauchfestigkeit dadurch beansprucht, daß das unter dem Scheerstempel gelegene Material bestrebt war, ersteres in der Richtung der Scheerwirkung mit fortzuführen, während das untere feste Widerlager dem entgegenwirkte und eine freie Bewegung nur für das unter dem Scheerstempel gelegene Material zuließ. Sofern nun die Druckfestigkeit des abgespaltenen Theiles hinreichend groß war, um die nach Vorstehendem in Druck umgesetzte Schub-Belastung ohne Bruch aufzunehmen, konnte die Abspaltung bei a⌒a auf die endliche Scheerbelastung beim Bruch im Querschnitt b⌒b keinen nachtheiligen Einfluß ausüben. Wie aus dem Lichtbild Fig. 6, Taf. IV, zu ersehen ist, war diese Bedingung nicht erfüllt; der auf Druck beanspruchte Theil war zu schwach, er schob sich in Folge dessen an einer Stelle unter der herrschenden Belastung zusammen. Hiermit mußte aber alsbald eine ungleichmäßige Vertheilung der Scheerbelastung auf den Scheerquerschnitt verbunden sein, indem das Material unter dem Scheerstempel nur bis zur Knickstelle den Bewegungen des benachbarten Theiles frei, d. h. ohne Verschiebung gegen den letzteren folgen konnte, während das tiefer gelegene Material sich gegen die feststehenden benachbarten Theile verschieben, d. h. abscheeren mußte. Das Abscheeren fand also bei dem geschilderten Verlauf des Versuches nicht in dem ganzen Querschnitt auf einmal statt, sondern es wurde mehr oder weniger allmählich von unten her eingeleitet, die endliche Scheerbelastung also ungünstig beeinflußt. In wechselndem Grade gilt dies von allen Proben (16 a u. b — 20 a u. 32 b), bei denen das im vorstehenden geschilderte Zusammenschieben beobachtet wurde. In der Tab. 6 ist daher vor die angegebenen Belastungswerthe das Zeichen > gesetzt, welches demnach besagen soll, daß die Bruchlast bei reiner unbeeinflußter Scheerwirkung wahrscheinlich höher gefunden sein würde.

Eine andere Art Brüche, bei denen die beobachtete Bruchlast ebenfalls unzuverlässig ist, ist durch die Lichtbilder, Fig. 7 und 8, Taf. IV, (Proben 21 a—c und 19 b) veranschaulicht. Wie man sieht, fand das Abscheeren bei ihnen überhaupt nicht in der beabsichtigten Scheerrichtung statt, sondern in einer zu dieser geneigten Fläche.

Bei dem Bruch Fig. 7, Taf. IV war die Neigung derart,[1]) daß das abgescheerte, unter dem Scheerstempel gelegene Stück sich trotzdem frei gegen den eingespannten Theil der Probe fortbewegen konnte, während es bei dem Bruch Fig. 8 durch das feste Widerlager an freier Bewegung gehindert war. In Tab. 6 sind beide Brucharten durch die Bemerkungen „nach Außen geneigt" und „nach Innen geneigt" unterschieden. In beiden Fällen wurde die Scheerspannung im Gegensatz zu den oben beschriebenen Brüchen zu hoch ermittelt. Bei den Versuchen (21 a—c—22 a—c—17 a—45 b und 46 a—c) mit nach außen geneigter Scheerfläche, Fig. 7 Taf. IV, war der Einfluß gegeben durch das Verhältniß zwischen der senkrechten Höhe der Probe zu der Höhe der wirklich entstandenen Scheerfläche. Er war nach den angestellten Berechnungen verschwindend klein und wurde daher vernachlässigt. Bei den Brüchen mit nach innen geneigter Scheerfläche (12 a—c—19 a—c—15 c—44 a und b und 45 a, Fig. 8, Taf. IV) war er dagegen sicherlich theilweise recht erheblich gewesen, was daran zu

[1]) Die Proben Fig. 4—10 Taf. IV sind so dargestellt, daß der links neben dem oberen Rande der entstandenen Scheerfläche gelegene Theil nach Maßgabe von Fig. 1 fest eingespannt war, während der rechts gelegene Theil den Druck des Scheerstempels von oben her aufzunehmen hatte.

erkennen ist, daß das Material des abgescheerten Theiles am unteren Ende bei einzelnen Proben stark zusammen geschoben ist. Bei ihnen ist daher vor die angegebenen Belastungswerthe das Zeichen < gesetzt.

Die Ursache zu diesem schiefen Abscheeren liegt in dem Aufbau des Holzes, denn wie aus dem Lichtbild Fig. 8 Taf. IV zu ersehen ist, liegen die Fasern schräg zur Stammachse. Dieselbe Beobachtung erwähnt schon Nördlinger. Er schreibt in seinem Werk: „Die technischen Eigenschaften der Hölzer", Seite 236: „Es giebt außerordentlich harte und schwere Hölzer, wie z. B. das Pockholz, die zahlreichen Eucalyptus-Arten Neuhollands u. dgl., bei denen die Längsfaserung und die Federkraft auffallend zurücktreten. Hölzer dieser Art werden beim Spalten seitlich ausbrechen."

Recht deutlich zeigt sich der Einfluß des schiefen Wuchses bei dem Versuch 32a (Lichtbild Fig. 9 Taf. IV). Bei diesem Versuch lag ebenfalls die Neigung zum „Abschieben nach Innen" vor, und da die feste Unterlage dies verhinderte, so schoben die Holzfasern sich zusammen unter Entstehung eines zackigen Bruches.

Die Proben 14 und 33, in der Wölbfläche vom Spiegel aus belastet, und die Probe 18, im Spiegel von der Wölbfläche aus belastet, zeigten bei allen Versuchen einen unregelmäßigen, splitterigen Bruch, wie er an der Probe 18 durch das Lichtbild Fig. 10, Taf. IV, gekennzeichnet ist. Bei der Probe 18 war er in der Hauptsache wohl durch den schiefen Wuchs des Holzes veranlaßt, so daß die Beobachtungswerthe als unzuverlässig bezeichnet werden müssen und daher in Tab. 6 in ( ) gesetzt wurden. Ob dies auch für die Werthe der beiden anderen Proben gilt, kann mit Sicherheit nicht gesagt werden.

Die geschilderten Unregelmäßigkeiten lassen eine zuverlässige Beurtheilung des untersuchten Materials in Bezug auf seine Scheerfestigkeit nicht zu. Wenn nun trotzdem im Nachstehenden einige Schlußfolgerungen aus den Versuchsergebnissen gezogen sind und hierbei die Beziehungen zwischen den Scheerfestigkeiten in den verschiedenen Richtungen des Stammes durch Verhältnißzahlen ausgedrückt wurden, so konnte dies nur mit dem ausdrücklichen Vorbehalt geschehen, daß die Verhältnißzahlen nur Annäherungswerthe darstellen und auch als solche noch der Bestätigung durch weitere Versuche bedürfen. Die Unterschiede in den Festigkeiten der Herbst- und Frühjahrszonen geben sich in denjenigen Werthen zu erkennen, welche bei den mehrfachen, in der Tab. 6 durch Buchstaben unterschiedenen Schnitten an den Proben 14, 33, 16, 32 und 20 erhalten wurden.[1]) Sie sind zur besseren Uebersicht in Tab. 7 von den übrigen gesondert nochmals gegenübergestellt, und ist hierbei für den vom Spiegel ausgeführten Schnitt (Probe 14 und 33) auch zwischen älterem und jüngerem Herbstholz noch unterschieden. Bei dem Schnitt von Hirn aus war das Herbstholz stets älter als das Frühjahrsholz.

Aus dieser Gegenüberstellung ergiebt sich nun zunächst, daß bei den untersuchten Stücken ein deutlich ausgesprochener Unterschied in den Festigkeiten des älteren und jüngeren Herbstholzes nicht besteht. Denn wenn auch der Mittelwerth für das jüngere Holz höher (=207 kg/qcm) befunden wurde als derjenige für das ältere (=187,5 kg/qcm), so bestand doch bei der Probe 14 das umgekehrte Verhältniß.

Sehr scharf ausgesprochen ist aber beim Schnitt vom Spiegel aus der Unterschied zwischen Herbst- und Frühjahrsholz. Die Festigkeit des ersteren ergab sich mehr als doppelt so groß wie die des Frühjahrsholzes. (Im Mittel = 239 : 100.)

[1]) Die Probe 12 muß außer Acht gelassen werden, weil nicht deutlich zu erkennen ist, auf welche Holzart die einzelnen Schnitte entfallen.

Tabelle 7. **Unterschied zwischen Herbst- und Frühjahrs-Holz hinsichtlich der Scheerfestigkeit.**

Material	Nr. der Probe	Scheerfestigkeit in kg/qcm			Richtung der Scheerwirkung
		Frühjahrsholz	Herbstholz		
			älteres	jüngeres	
Eucalyptus rostrata	14	96	265	261	Durch Wölbfläche vom Spiegel.
„ globulus	33	69	110	153	
Mittel	—	**82,5**	**187,5**	**207,0**	
Verhältnißwerthe	—	100	227	251	
Eucalyptus rostrata	16	> 208	> 185	—	Durch Wölbfläche von Hirn.
Eucalyptus globulus	32	< 156	> 206	—	
	20	> 127	(109)	—	
	44	86	< 122	—	
	45	31	85	—	
Mittel	—	**121,6**	**149,5**	—	
Verhältnißwerthe	—	100	123	—	

Beim Schnitt vom Hirn aus ist der Unterschied zwischen beiden Holzarten nach den erhaltenen Mittelwerthen erheblich geringer. Läßt man den unsicheren Werth von 109 kg/qcm für das Herbstholz der Probe 20 außer Betracht, so ergiebt sich ins Gesammt für das Herbstholz eine um nur 23 % höhere Festigkeit.

Ob nun dieser auffallende Unterschied in dem Verhalten des Herbst- und Frühjahrsholzes gegenüber der Scheerwirkung in der Wölbfläche in dem Aufbau des Holzes oder darin begründet ist, daß bei der stattgehabten Anwendung dünner Proben für die Scheerversuche vom Spiegel aus eben nur Herbstholz oder nur Frühjahrsholz in der Scheerfläche lag, während der Schnitt von Hirn aus tangential zu den Jahrringen lag und daher zum Theil von der einen Holzart in die andere überging, kann ohne Weiteres nicht ausgesprochen werden. Jedenfalls dürfte es angebracht sein, zu dem weiteren Vergleich der Festigkeit in der Wölbfläche mit der Festigkeit im Spiegel nur diejenigen Proben der ersteren Art heranzuziehen, welche von Hirn aus gescheert wurden, weil es bei diesen nicht erforderlich erscheint, einen Unterschied zwischen Herbst und Frühjahrsholz zu machen.

Eine Zusammenstellung der Einzelwerthe zur Erleichterung dieses Vergleiches ist in Tab. 8 gegeben, hierbei sind Mittelwerthe sowohl für die einzelnen eingelieferten Stammabschnitte als auch für die gesammten Proben derselben Holzart gebildet und dann die Verhältnisse zwischen den der Wölbfläche angehörigen Mittelwerthen zu denjenigen für die Spiegelfläche berechnet.

Aus diesen Verhältnißzahlen erkennt man, daß die Scheerfestigkeit für die **Eucalyptus rostrata** im Spiegel nur etwa halb so groß ist, wie die Scheerfestigkeit in der Wölbfläche.

Für die **Eucalyptus globulus** tritt ein ähnlicher Unterschied nur an den Proben aus dem Stammabschnitt IIb zu Tage, während bei dem Stamm-

Tabelle 8. **Vergleich zwischen den Scheerfestigkeiten im Spiegel und in der Wölbfläche bei Belastung von Hirn aus.**

Material	Zeichen des Stammes	In der Wölbfläche			Im Spiegel			Mittleres Verhältniß zwischen Wölbfläche und Spiegel (W = 100)
		Nr. der Probe	Schnitt-zeichen	Bruchlast kg/qcm	Nr. der Probe	Schnitt-zeichen	Bruchlast kg/qcm	%
Eucalyptus rostrata	Ia	12	a	< 262	13	—	**109**	**43**
			b	< 248				
			c	< 257				
			Mittel	**256**				
	Ib	16	a	> 208	15	a	107	**57**
						b	131	
						c	< 113	
			b	> 185	17	a	108	
						b	103	
		Mittel		**197**	Mittel		**112**,4	
	Mittel für Holzart			**232**	Mittel für Holzart		**112**	**48**
Eucalyptus globulus	IIb	32	a	< 156	46	a	111	**64**
			b	> 206		b	124	
						c	114	
			Mittel	**181**		Mittel	**116**	
	IId	20	a	> 127	19	a	< 129	(**121**)
			b	(109)		b	< 135	
						c	< 120	
		44	a	(< 149)	21	a	106	
			b	< 122		b	108	
			c	86		c	87	
		45	a	(< 147)	22	a	127	
			b	85		b	73	
			c	31		c	94	
		Mittel		**90**	Mittel		**108**,8	
	Mittel für Holzart			**116**	Mittel für Holzart		**111**	(**96**)

abschnitt IId die Festigkeit im Spiegel sogar um 21 % größer sich ergab als in der Wölbfläche.

Vergleicht man schließlich noch die beiden Eucalyptus-Arten unter einander, so ergiebt sich aus den in Tab. 9 zusammengestellten Mittelwerthen, daß die Festigkeit der E. rostrata in der Wölbfläche etwa doppelt so groß ist als diejenige der E. globulus.

Tabelle 9. **Vergleich der Scheerfestigkeiten beider Eucalyptus-Arten unter einander.**

Material	Mittlerer Widerstand in kg/qcm beim Scheeren in der Richtung		
	Wölbfläche von		Spiegel von Hirn.
	Spiegel	Hirn	
Eucalyptus rostrata	207	232	112
Eucalyptus globulus	111	116	111

Tabelle 10. Ergebnisse der Prüfung auf Spaltfestigkeit.

1. Freie Länge der Schenkel bis zum Kraftangriff = 110 mm; 2. Meßlänge für die Erweiterung der Gabel = 40 mm; 3. Nullast = 2,0 kg.

Material	Zeichen des Stammabschnittes	Nr. der Probe	Lage der Spaltfläche	Abmessungen (s. Fig. 5)			Erweiterung der Gabeln bei 60 mm Schenkellänge und den Belastungen in kg													Bruchbelastung	Zum Spalten aufgewendete Arbeit
				Breite (b)	Spaltfläche Länge (h)	Spaltfläche Breite (d)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70		
				mm	mm	mm															kg	cm/kg
Eucalyptus rostrata	Ic	3	in der Wölbfläche	49,3	40,0	25,5	0,2	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,3	2,6	2,8	3,3	–	—	64,0	11,9
		4	im Spiegel	49,5	40,0	25,5	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	1,8	2,5	2,9	3,4	4,1	—	–	–	—	50,5	10,6
	Id	7		51,0	40,5	25,5	0,3	0,6	1,2	1,8	2,3	3,0	4,0	–	—	—	—	—	–	—	34,5	6,9
Eucalyptus globulus	IId	5	in der Wölbfläche	49,0	40,5	25,0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,5	2,8	–	65,5	9,2
	IIe	23	im Spiegel	50,0	40,0	25,5	0,2	0,5	1,1	1,5	2,0	2,7	3,4	4,2	—	—	–	–	—	–	42,0	9,5
Pferdantholz	IV	38	in der Wölbfläche	51,0	40,0	25,5	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	70	8,8

Hierbei ist es gleichgültig, ob die Scheerkraft von der Spiegel, oder von der Hirnfläche aus wirkte.

Gegen Abscheeren im Spiegel bei Belastung von Hirn aus erwiesen sich beide Eucalyptus-Arten als gleich widerstandsfähig.

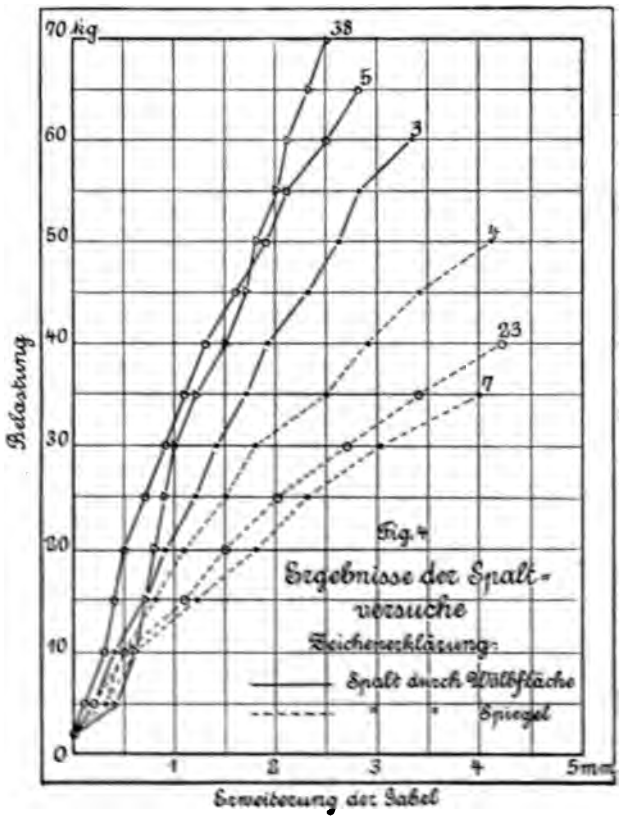
6. Ergebnisse der Prüfung auf Spaltbarkeit.

Die Ergebnisse der Spaltversuche sind in Tab. 10 zusammengestellt. Aus dem Vergleich der Bruchbelastungen ergiebt sich, daß beide Eucalyptus-Arten nach dem Spiegel leichter spalteten als in der Wölbfläche. Der Unterschied beträgt bei den Proben 3, 4 und 7 (E. rostrata) etwa 50 % und bei den Proben 5 und 23 (E. globulus) etwa 56 %.

Im allgemeinen deckt sich dies Ergebniß mit den im vorigen Abschnitt besprochenen Ergebnissen der Scheerversuche; denn wie an Hand der Tab. 8 dargelegt wurde, war auch die Scheerfestigkeit im Spiegel geringer als in der Wölbfläche. Auffallend ist es jedoch, daß bei jenen Versuchen der Unterschied bei der E. rostrata ganz erheblich größer gefunden wurde, als bei der E. globulus, während die Spaltversuche das umgekehrte Verhältniß ergaben. Zunächst wird hierbei in Betracht zu ziehen sein, daß die geringe Anzahl der angestellten Versuche kein zuverlässiges Bild giebt, wofür schon der große Unterschied zwischen den Bruchlasten der beiden zusammengehörigen Proben 4 und 7 hinreichenden Beweis liefert. Die Spaltfläche der festeren Probe 4 ging zum größten Theil durch Herbstholz, während Probe 7 meist Frühjahrsholz mit feinen Schwindrissen enthielt. Ferner kommt hinzu, daß die Probe 3 im Frühjahrsholz etwa in der Mitte zwischen zwei Herbstholzzonen gebrochen ist. Da der Bruch hierbei etwas abseits von der Mitte der Probe zwischen den Schenkeln und nicht im kleinsten Querschnitt liegt, so ist anzunehmen, daß er durch den schwächsten Theil des Materials ging und somit für diese Probe der denkbar geringste Werth erhalten wurde.

Aehnliche einſeitige Brüche wurden auch bei den Proben 23 und 38 beobachtet. Dies führt zu der Erwägung, ob es nicht zweckmäßig iſt, bei weiteren Spaltverſuchen die Spaltfläche zwiſchen den Schenkeln nicht durch eine Bohrung abzugrenzen, ſondern die Innenflächen der Schenkel in einem mehr oder weniger ſpitzen Winkel zuſammenſtoßen zu laſſen.

Wie Nördlinger bereits hervorhebt[1]), iſt von bedeutendem Einfluß auf die Spaltbarkeit mit Hülfe eines Keiles oder ſonſtigen Werkzeuges die Federkraft des Holzes; „denn je ſtärker die Kraft, womit die beiden durch einen Keil auseinandergeſpannten Schenkel eines Scheites ſich wieder zu vereinigen, d. h. gerade zu richten ſtreben, deſto leichter wird ſich die



Kluft an ihrer Spitze verlängern. Von der Federkraft wird es ferner herrühren, daß überhaupt eine kleine bereits vorhandene Kluft ſehr zur Erleichterung des Spaltens beiträgt.“ Da nun bei den angeſtellten Verſuchen ſämmtliche Proben gleiche Abmeſſungen hatten, ſo mußte die Federkraft um ſo größer ſein, je kleiner die Verbiegung der Schenkel (die Federung) bei gleichen Belaſtungen war.

Die Beziehungen zwiſchen den Belaſtungen und den zugehörigen Erweiterungen der Gabel ſind in Fig. 4 als Schaulinien dargeſtellt.

Das Ausſehen der Spaltflächen iſt durch die Lichtbilder Fig. 3, Taf. IV veranſchaulicht. Die Proben ſind in der Reihenfolge, wie ſie in der Tab. 10 aufgeführt ſind, mit 1—6

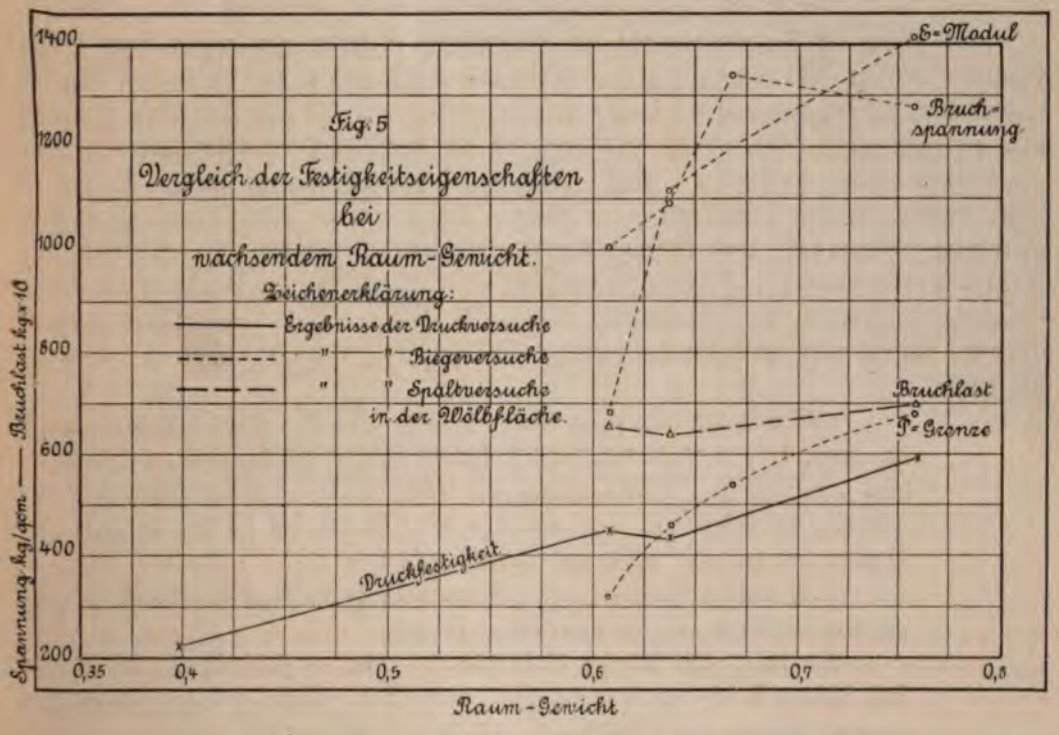
[1]) „Die techniſchen Eigenſchaften der Hölzer.“ S. 336.

bezeichnet. Die ebensten Spaltflächen zeigen die in der Wölbfläche gespaltenen Proben 4 und 6. Bei der dritten dieser Proben (Nr. 1) springt die untere linke Ecke etwas vor; der Bruch ist hier dem Verlauf der Jahrringe gefolgt. Die übrigen im Spiegel gespaltenen Proben zeigen mehr oder weniger schiefe Spaltflächen. Zum größten Theil hat dies darin seinen Grund, daß die durch die Bearbeitungsweise angestrebte Spaltfläche nicht völlig radial zu den Jahrringen stand, während die beim Versuch wirklich entstandene Spaltfläche dem Spiegel zu folgen bestrebt war. Am deutlichsten tritt dies bei den Proben 2 und 5 in die Erscheinung.

Im übrigen zeigen sämmtliche Flächen ein langfaseriges Gefüge bei gestreckter Lage der Fasern. Der bei den Scheerversuchen erwähnte schiefe Wuchs der E. globulus hat sich also bei den Spaltversuchen nicht zu erkennen gegeben.

7. Schlußbemerkungen.

Zur besseren Uebersicht sind in Tab. 11 alle Hauptwerthe für die Eigenschaften der untersuchten Hölzer nochmals zusammengefaßt. Aus dieser Gegenüberstellung ergeben sich folgende durch die Schaulinien Fig. 5 veranschaulichte Beziehungen zwischen den Raumgewichten und Festigkeitseigenschaften der untersuchten Proben:



Die Druckfestigkeit sowie der Elastizitätsmodul, die Proportionalitätsgrenze und die Bruchspannung beim Biegeversuch zeigen um so höhere Werthe, je größer das Raumgewicht der untersuchten Holzart war. In gleicher Weise, wenn auch in geringerem Maße, scheint auch die Spaltfestigkeit von dem Raumgewicht abhängig zu sein.

Tabelle 11. **Zusammenstellung der Schlußergebnisse.**

Material	Mittelwerthe											
	Raum-Gewicht	Druck-festigkeit	Biegungsfestigkeit			Schwerfestigkeit kg/qcm			Spaltfestigkeit			
				Spannung kg/qcm		in der Wölbfläche		im Spiegel von Hirn	Wölbfläche		Spiegelfläche	
			Elastizitäts-Modul	Proportionalitäts-Grenze	Bruchgrenze	vom Spiegel	von Hirn		Bruchbelastung	Arbeit	Bruchbelastung	Arbeit
	kg	kg/qcm	kg/qcm						kg	cm/kg	kg	cm/kg
Eucalyptus rostrata I	0,6374	435	111400	460	1090	207	232	112	64,0	11,9	42,5	8,8
„ globulus II	0,6076	448	68000	320	1000	111	116	111	65,5	9,2	42,0	9,5
Rundholz III	0,398	222	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vierkantholz IV	0,757	595	141400	680	1280	—	—	—	70,0	8,8	—	—
Brettstück V	0,669	—	120000	540	1340	—	—	—	—	—	—	

4. Ausdauerfähigkeit der Zellstoffe.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papier-Prüfung W. Herzberg.

Die Frage der Ausdauerfähigkeit der Zellstoffe ist in letzter Zeit wieder recht lebhaft besprochen worden. So äußerte sich Herr Abel aus Magdeburg in der vorjährigen Generalversammlung des Schutzvereins der Papier-Industrie,[1]) daß er die Dauerhaftigkeit des Zellstoffes nicht für groß genug halte, um ihn als Ersatzstoff zur Herstellung von Aktenpapier an Stelle von Lumpen zulassen zu können. Nach seinen praktischen Erfahrungen genüge Zellstoff in keiner Weise den Anforderungen, die an ein Material gestellt werden müssen, das zur Herstellung guter Papiere dienen soll. Auch in seiner kürzlich erschienenen Broschüre: „Die Reform des Papier-Kleinhandels", welche die zweckentsprechende Verwendung guter Papiere in den Kreisen des großen Publikums, der Rechtsanwälte ꝛc. anstrebt, kommt der als Papierhändler bekannte Verfasser auf die Dauerhaftigkeit der Zellstoffe zu sprechen. Seite 4 äußert er sich hierzu wie folgt:

> „Dennoch hat auch dieser Stoff (Zellstoff aus Holz, Stroh, Espartogras ꝛc.), der allein oder in Verbindung mit Holzschliff jetzt fast ausschließlich zur Fabrikation aller möglichen Papiersorten benützt wird, kein Anrecht, um zur Herstellung von Papieren für Akten- und Dokumentenzwecke zu dienen, da die daraus gefertigten Papiere mit der Zeit spröde und brüchig werden.
>
> Nach meinen langjährigen Erfahrungen ist dieser Stoff keineswegs geeignet, auf eine übergroße Dauer Anspruch zu machen.
>
> Am besten läßt sich die Brüchigkeit bei feineren Zellstoffpapieren an dem Falz dickerer Brief- und Schreibpapiere nachweisen, ebenso an dem Herausbrechen einzelner Blätter aus Druckwerken und Geschäftsbüchern."[2])

[1]) Papier-Zeitung Nr. 74 vom 16. September 1894.

[2]) Bei der Bedeutung, welche diese Erfahrungen haben, wäre es von Werth eine Reihe von Fällen genauer zu prüfen. Die Versuchsanstalt bittet daher ihr solche Proben, die ein augenfälliges Brüchigwerden im Laufe der Zeit gezeigt haben, mit den nöthigen Angaben über die beobachteten Erscheinungen einsenden zu wollen, sie wird sie untersuchen und später über den Befund berichten. A. Martens.

Ferner Seite 9:

„Daß auch die Aktenpapiere der Klasse 4a und 4b, die ja jetzt in der Hauptsache zur Verwendung kommen, ganz ohne Lumpen, also aus dem meiner Erfahrung nach unzuverlässigen Zellstoff hergestellt werden dürfen, war meiner Ansicht nach ein Fehler. Man wird durch Erfahrungen, wegen der immer geringer werdenden Güte der Klassen 4a und 4b, wohl in Zukunft von selber dahin kommen, Klasse 4 für Aktenzwecke auszuschließen. Ein Papier, welches in der allergrößten Hauptsache aus Cellulose hergestellt ist, und dessen geringere Sorten schon nach wenigen Jahren eine auffallende Brüchigkeit aufweisen, gehört nicht in die Klasse der Aktenpapiere."

Besonders gegen den Strohzellstoff wendet sich folgende Ausführung Seite 10—11:

„Wie oft ist mir geklagt und zwar von den verschiedensten Seiten, von hohen Militär- und Zivilbeamten, von Patentbureaus, von juristischen Persönlichkeiten ꝛc., daß es mit dem Papier jetzt zum Verzweifeln sei, wenn eine wichtige Schrift oder eine wichtige Arbeit, ein Vertrag ꝛc. gemacht sei, Schriftstücke, die auf lange Jahre erhalten bleiben müssen, brächen dieselben nach mehrmaliger Benützung hinten im Rücken auseinander, trotzdem doch das beste Papier dazu verlangt wäre.

Ja! das betreffende Papier war zwar theuer, dick und glasig, bestand in der Hauptsache aber aus Strohcellulose, die ein im hohen Grade vergängliches und brüchiges Papier ergiebt."

Ganz anders lautet ein Urtheil über diesen Stoff, welches von der Eichberger Papierfabrik in Eichberg bei Schildau (Bober) herrührt:[1])

„Nach unserer Ansicht ist der gebleichte Strohstoff entschieden das edelste Surrogat in der Papierfabrikation und übertrifft an Weiße, Feinheit und meist auch an Festigkeit den gebleichten Sulfit- und Sulfat-Zellstoff.

Wir haben vielfach die Erfahrung gemacht, daß ein sonst aus reinen Leinen- und Baumwolllumpen hergestelltes feineres Schreibpapier durch Zusatz von Strohstoff an Aussehen sowohl als auch an Festigkeit nur gewinnt, besonders auch einem entsprechenden Zusatz von Holzcellulose gegenüber, so daß wir den Strohstoff unter keiner Bedingung entbehren möchten.

Wir bedauern daher auch, daß in den ministeriellen Vorschriften vom 17. November 1891 über die Normalpapiere der Strohstoff nicht mehr begünstigt ist, sondern mit der Holzcellulose ganz gleich rangirt."

Die angeführten Aeußerungen berühren eine Frage von größter Wichtigkeit, deren Entscheidung der Papierprüfung noch obliegt. Leider ist auf diesem Gebiete bisher noch wenig planmäßig gearbeitet worden; auf andere Weise wird man aber keine Klarheit in diese Frage bringen.

Die Gegner der Zellstoffe stützen sich darauf, daß man nur für reine Lumpenpapiere eine Ausdauerfähigkeit für viele Jahrhunderte festgestellt habe und daß man daher Zellstoffe für lange aufzubewahrende Papiere nicht zulassen dürfe; die Zellstoffe seien erst wenige Jahr-

[1]) Entnommen aus einem Brief der Eichberger Papierfabrik an die vereinigten Strohstofffabriken in Coswig-Sachsen. Dieser Brief ist auf dem Briefbogen der Strohstofffabriken zum Abdruck gebracht.

zehnte alt, und man wisse noch nichts über ihre Haltbarkeit. Bevor diese aber nicht unzweifelhaft festgestellt sei, könne Niemand die Verantwortung für die Zulassung von Zellstoffen zu Dokumenten ꝛc. Papieren übernehmen.

Die Freunde der Zellstoffe indessen behaupten, daß die Fabrikationsmethoden heute so vollkommen seien, daß die früher den Zellstoffen anhaftenden und mit Recht gerügten Mängel heute gar nicht mehr in Frage kämen. Heute sei das Erzeugniß der Sulfit-, Sulfat-, Natron- und Strohzellstofffabriken ein so vollkommenes, daß es sich in jeder Beziehung auch hinsichtlich der Dauerhaftigkeit mit den Zellstoffen aus Lumpen messen könne. Sie führen weiter an, daß auch von vornherein gar nicht einzusehen sei, weshalb Zellstoff aus Holz, Stroh, Esparto ꝛc. weniger ausdauerfähig sein solle als solcher aus Leinen, Hanf und Baumwolle, da doch beide die gleiche chemische Zusammensetzung zeigten.

Sowohl den Gegnern als den Freunden der Zellstoffe kann man vorhalten, daß die Grundlage, auf welcher sie ihre Ansichten aufbauen, nicht einwandfrei ist und daß gerade deshalb eine gründliche Durcharbeitung der Frage dringend nothwendig ist.

Der Vergleich unserer heutigen Lumpenpapiere mit denen unserer Vorfahren hinkt bedenklich. Die Papiere, welche von früheren Jahrhunderten her in gutem Zustande auf uns gekommen sind, wurden ausschließlich aus leinenen Lumpen, ohne Anwendung bleichender Substanzen hergestellt und mit Thierleim geleimt; unsere heutigen Lumpenpapiere werden theils aus leinenen, theils aus baumwollenen Lumpen theils aus einem Gemenge beider hergestellt; hierbei wird der Stoff wohl bei dem allergrößten Theil der Gesammtproduktion mehr oder weniger stark gebleicht, und die Leimung wird vorzugsweise mit Harzleim bewirkt, während thierischer Leim verhältnißmäßig wenig verbraucht wird.

Die früheren und jetzigen Lumpenpapiere sind also zwei ganz verschiedene Erzeugnisse, die nicht ohne weiteres in Vergleich gestellt werden können.

Hieraus geht schon hervor, wie nothwendig es ist, an geeigneten Stellen planmäßig angelegte Versuchsreihen in Angriff zu nehmen, um die Widerstandsfähigkeit der aus verschiedenen Rohstoffen und nach verschiedenen Verfahren hergestellten Papiere gegen den Einfluß der Zeit, insbesondere von Licht und Luft zahlenmäßig festzustellen.

Es ist merkwürdig, daß gerade von Seiten der Cellulose-Industrie der Frage der Ausdauerfähigkeit der Cellulose im Vergleich zur Lumpenfaser ein verhältnißmäßig geringes Interesse entgegengebracht wird. Die Vertreter dieser Industrie hätten aber doch in erster Linie die Veranlassung alle Bestrebungen zu unterstützen, welche eine Klärung dieser Frage zum Gegenstand haben; mit der von verschiedenen Seiten abgegebenen Behauptung, daß die heute erzeugte Cellulosefaser gut und ausdauerfähig und daher eine Prüfung auf Beständigkeit nicht mehr erforderlich ist, kommt man nicht weiter. Die Behauptung muß sachlich begründet werden, und dies kann nur geschehen durch Ausführung von Dauerversuchen, die sich über eine lange Reihe von Jahren erstrecken; je eher diese Versuche eingeleitet werden, um so eher wird Klarheit in diese Angelegenheit kommen. Was bisher auf diesem Gebiete gearbeitet worden ist, reicht bei weitem nicht aus, um diese wichtige Frage, auch nur mit annähernder Zuverlässigkeit beantworten zu können. Wiederholte Anregungen dienen aber vielleicht dazu, die Sache um so eher in Fluß zu bringen, und als eine solche Anregung mögen auch die nachstehend mitgetheilten Versuchs-Ergebnisse aufgefaßt werden.

Es handelt sich hierbei um eine kleine Reihe von Dauerversuchen mit verschiedenen Papieren;

Probe I ist ein Schreibpapier aus reinen Lumpen
„ II „ „ „ „ 75 % „ und 25 % gebl. Sulfitstoff
„ III „ „ „ „ 40 „ „ „ 60 „ „ „
„ IV, V und VI sind Packpapiere aus ungebleichtem Sulfitstoff.

Die Proben IV—VI sind aus demselben Stoff hergestellt und nur im Quadratmetergewicht verschieden (IV = 170 g, V = 90 g, VI = 55 g).

Sämmtliche Papiere wurden von Zeit zu Zeit einer Festigkeitsprüfung unterworfen, um eine etwaige Veränderung der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung festzustellen; aufbewahrt wurden die Proben in einem Aktenschrank unter Lichtabschluß.

Die gewonnenen Versuchs-Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt:

Versuchs-Ergebnisse.

Probe I (Reine Lumpen).

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	6,08	2,8	3,97	4,5	5,03	3,7	18,0	67
19. Oktober 1887	5,70	2,3	3,56	5,0	4,63	3,7	18,6	66
9. März 1888	6,03	2,1	3,67	4,4	4,85	3,3	19,6	56
22. Juni 1888	5,59	2,5	3,45	4,9	4,52	3,7	22,6	62
18. September 1888	5,97	2,2	3,68	4,7	4,83	3,5	16,8	64
26. September 1889	6,20	2,1	3,80	4,8	5,00	3,5	18,8	63
14. März 1890	5,94	2,4	3,76	5,1	4,85	3,8	20,5	64
1. Dezember 1894	6,09	2,5	3,81	5,2	4,95	3,9	17,0	65

Probe II (75 % Lumpen, 25 % Sulfitstoff).

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	5,77	2,4	3,73	4,2	4,75	3,3	16,0	60
19. Oktober 1887	5,46	1,8	3,56	4,0	4,51	2,9	18,2	63
9. März 1888	6,22	1,9	3,02	3,9	4,62	2,9	19,7	57
22. Juni 1888	6,02	1,7	3,72	3,7	4,87	2,7	23,4	62
18. September 1888	6,00	1,7	3,67	3,9	4,84	2,8	16,8	63
26. September 1889	6,36	2,0	3,80	4,0	5,08	3,0	18,8	63
14. März 1890	6,38	2,2	3,85	4,4	5,12	3,3	19,6	64
1. Dezember 1894	6,06	1,7	3,81	3,8	4,94	2,8	17,0	65

Probe III (40 % Lumpen, 60 % Sulfitstoff).

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	5,91	2,1	3,83	4,2	4,87	3,2	16,8	58
19. Oktober 1887	5,95	1,6	3,84	3,7	4,90	2,7	18,6	63
9. März 1888	6,13	1,5	3,53	3,6	4,83	2,6	17,3	58
22. Juni 1888	6,57	1,6	3,70	3,7	5,14	2,7	23,2	60
18. September 1888	6,39	1,6	3,49	4,4	5,94	3,0	16,4	64
26. September 1889	6,47	1,5	3,72	4,2	5,10	2,9	18,6	63
14. März 1890	5,88	1,7	3,59	4,3	4,74	3,0	20,5	64
1. Dezember 1894	6,56	1,5	3,56	4,0	5,06	2,8	17,0	65

Zusammenstellung der Mittelwerthe.

Datum der Prüfung	Probe I				Probe II				Probe III			
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmer- wärme C°	Zimmer- feuchtigkeit %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmer- wärme C°	Zimmer- feuchtigkeit %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmer- wärme C°	Zimmer- feuchtigkeit %
1. April 1887	5,03	3,7	18,0	67	4,75	3,3	16,0	60	4,87	3,2	16,8	58
19. Oktober 1887	4,63	3,7	18,6	66	4,51	2,9	18,2	63	4,90	2,7	18,6	63
9. März 1888	4,85	3,3	19,6	56	4,62	2,9	19,7	57	4,83	2,6	17,3	58
22. Juni 1888	4,52	3,7	22,6	62	4,87	2,7	23,4	62	5,14	2,7	23,2	60
18. Septbr. 1888	4,83	3,5	16,8	64	4,84	2,8	16,8	63	4,94	3,0	16,4	64
26. Septbr. 1889	5,00	3,5	18,8	63	5,08	3,0	18,8	63	5,10	2,9	18,6	63
14. März 1890	4,85	3,8	20,5	64	5,12	3,3	19,6	64	4,74	3,0	20,5	64
1. Dezbr. 1894	4,95	3,9	17,0	65	4,94	2,8	17,0	65	5,06	2,8	17,0	65

Ueberblickt man diese Mittelwerthe, so wird man nur geringe Unterschiede in den Werthen für Reißlänge und Dehnung bei den verschiedenen Prüfungen beobachten können; von einer gesetzmäßigen Aenderung der einen oder anderen Eigenschaft ist nichts zu bemerken.

Die Unterschiede in den einzelnen Werthen sind nicht größer als man sie bei 8 verschiedenen an einem Tage ausgeführten Prüfungen erhalten würde, eine Folge der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeit des Papierblattes selbst.

Man kann also wohl für den vorliegenden Fall ohne Bedenken aussprechen, daß sich die unter Zusatz von Cellulose hergestellten Proben II und III nach 7 jährigem Lagern nicht ungünstiger verhalten haben als die aus reinen Lumpen hergestellte Probe I.

Probe I. 170 g. (Ungebleichter Sulfitstoff.)

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
3. Oktober 1888	5,68	1,7	4,21	5,7	4,95	3,7	18,4	61
21. März 1890	6,24	1,9	4,10	5,4	5,17	3,7	18,6	64
3. Januar 1891	6,41	1,9	4,06	4,6	5,24	3,3	18,0	64
30. Januar 1895	7,01	2,1	3,75	4,0	5,38	3,1	17,0	65

Probe II. 90 g. (Ungebleichter Sulfitstoff.)

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
3. Oktober 1888	6,74	1,8	4,12	4,4	5,43	3,1	18,8	61
21. März 1890	6,96	1,8	4,02	4,1	5,49	3,0	18,8	63
3. Januar 1891	6,90	1,5	4,19	3,8	5,55	2,7	18,0	65
30. Januar 1895	6,39	1,7	4,13	3,6	5,26	2,7	16,0	65

Probe III. 55 g. (Ungebleichter Sulfitstoff.)

Datum der Prüfung	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
3. Oktober 1888	6,71	1,4	4,02	3,1	5,37	2,3	19,0	60
21. März 1890	7,23	1,4	4,13	2,8	5,68	2,1	18,8	63
3. Januar 1891	7,46	1,3	4,13	2,6	5,80	2,0	18,6	65
30. Januar 1895	7,74	1,6	4,03	2,4	5,89	2,0	17,0	65

Zusammenstellung der Mittelwerthe.

Datum der Prüfung	Probe I				Probe II				Probe III			
	Reißlänge	Bruchdehnung	Zimmer- wärme	Zimmer- feuchtigkeit	Reißlänge	Bruchdehnung	Zimmer- wärme	Zimmer- feuchtigkeit	Reißlänge	Bruchdehnung	Zimmer- wärme	Zimmer- feuchtigkeit
	km	%	C°	%	km	%	C°	%	km	%	C°	%
3. Oktober 1888	4,95	3,7	18,4	61	5,43	3,1	18,8	61	5,37	2,3	19,0	60
21. März 1890	5,17	3,7	18,6	64	5,49	3,0	18,8	63	5,68	2,1	18,8	63
3. Januar 1891	5,24	3,3	18,0	64	5,55	2,7	18,0	65	5,80	2,0	18,6	65
30. Januar 1895	5,38	3,1	17,0	65	5,26	2,7	16,0	65	5,89	2,0	17,0	65

Bei diesen Mittelwerthen ist eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Aenderung der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung nicht zu verkennen; die Dehnung hat im großen und ganzen während des Lagerns abgenommen, während die Reißlänge gewachsen ist. Die Versuche mit diesen Papieren werden fortgesetzt und die Ergebnisse seiner Zeit ebenfalls veröffentlicht werden.

Irgend welche bindende allgemeine Schlußfolgerungen aus den mitgetheilten Prüfungsergebnissen zu ziehen, wäre verfrüht. Voraussichtlich kommt die Versuchs-Anstalt nunmehr bald in die Lage, die Frage über die Ausdauerfähigkeit der verschiedenen Papierfaserstoffe in eingehendster Weise zu studiren.

---

5. Ueber die Längenänderung des Papiers bei verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsgraden.

Vom Assistenten der Abtheilung für Papierprüfung G. Dalén.

Bei den selbstregistrirenden Apparaten wird im Allgemeinen zur Aufnahme der Aufzeichnungen ein mit dem betreffenden Koordinatennetz versehenes Papier verwendet. Da nun bekanntlich das Papier unter dem Einfluß der Witterungsverhältnisse Veränderungen in seinen Abmessungen erleidet, so ergiebt sich hieraus, daß die Angaben eines solchen Apparates unter Umständen mehr oder weniger fehlerhaft sein können. Um diesen Fehler nöthigenfalls berichtigen zu können, ist es deshalb nöthig, daß man die Aenderungen, welche das verwendete Papier bei der Einwirkung verschiedener Wärme- und Feuchtigkeitsgrade erleidet, genau kennt. Zu diesem Zwecke wurde von der Versuchs-Anstalt im Auftrage des Königlichen Ministeriums für öffentliche Arbeiten für einen besonderen Fall die Prüfung dreier für selbstregistrirende Pegelapparate verwendeter Papiere ausgeführt. Da ähnliche Versuche, soweit der Versuchs-Anstalt bekannt ist, früher nicht gemacht worden sind, so dürften die erhaltenen Prüfungsergebnisse ein allgemeines Interesse haben, und sie sollen deshalb im Folgenden unter Angabe der angewandten Prüfungsverfahren mitgetheilt werden.

Die Prüfung umfaßte folgende Papierproben:

Probe I. Auf beiden Seiten gestrichen und auf der einen bedruckt.
„ II. Auf beiden Seiten gestrichen, unbedruckt.
„ III. Auf einer Seite gestrichen, unbedruckt.

Versuchsausführung.

Zur Bestimmung der Längenänderungen im Papier wurden auf die zu prüfenden Bogen zwei durch die Mitte der letzteren gehende, den beiden Hauptrichtungen parallele

Linien gezogen (Fig. 1), auf welchen je eine Strecke von etwa 290 mm durch Marken abgegrenzt wurde. Die Aenderungen in den Entfernungen dieser Marken unter dem Einfluß verschiedener Feuchtigkeits- und Wärmegrade wurden mittelst eines Messingmaßstabes gemessen, der bei + 20 C° in ganze mm getheilt war. Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit geschah mittelst wagerecht liegender Haarhygrometer, deren Angaben vor und nach jeder Versuchsreihe mit denen eines Koppe-Sauſſureſchen Hygrometers verglichen wurden.

Fig. 1.

Das Hygrometer, welches nach den Angaben von Prof. Martens hergestellt ist, ist in Fig. 2 abgebildet. Es unterscheidet sich von dem Koppe-Sauſſureſchen theils durch seine wagerechte Anordnung, theils dadurch, daß die Theilung, über welcher der Zeiger sich bewegt, nicht in % sondern in Bruchtheilen des Kreises ausgeführt ist. Zum Strecken des Haares dient eine kleine Spiralfeder.

Die Längenmessungen wurden, um die gewünschten Wärme- und Luftfeuchtigkeitsstufen sicher erreichen zu können, in einem besonders zu diesem Zwecke hergestellten doppelwandigen

Fig. 2.

Zinkkasten mit luftdicht schließendem Deckel aus Spiegelglas ausgeführt. (Siehe Fig. 3). Das zu messende Papier ruhte frei auf einer etwas über dem Boden des Kastens befindlichen Glasplatte, so daß sich das Papier ohne erheblichen Widerstand ausdehnen und zusammenziehen konnte. Um hierbei die Reibung zwischen Papier und Glas möglichst zu vermindern, waren außerdem die Ecken der Papierbogen abgeschnitten. Auf derselben Glasplatte standen auch die Hygrometer und Thermometer, ohne daß sie mit den Kastenwänden in direkte Berührung gekommen wären. Der Glasdeckel hatte in der Mitte eine weite, mit einer luftdicht schließenden Gummikappe verschlossene Oeffnung, in welche der an dem Maßstabe befindliche, zum Anlegen des letzteren dienende Stift hineinragte, wodurch beim nöthigen Luftabschluß ein bequemes Handhaben des Maßstabes ermöglicht wurde.

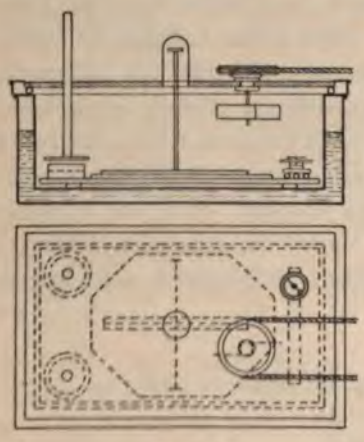


Fig. 3.

Die Regelung der Feuchtigkeit im Kasten geschah einmal durch eingestellte verschließbare Gefäße mit konzentrirter Schwefelsäure und ferner durch Einblasen von feuchter Luft durch die zu diesem Zwecke im Deckel angebrachten Oeffnungen. Die Regelung der Wärme erfolgte durch Einfüllen von heißem Wasser und Einblasen von Dampf beziehungsweise durch Einbringen einer Kältemischung von Salz und Eis in den äußeren Zinkkasten.

Die Luft im Kasten wurde, um das Erreichen des gewünschten Zustandes zu beschleunigen und um eine gleichmäßige Wärme und Feuchtigkeit zu erhalten, mittelst eines Rührwerks

ständig in Bewegung gehalten. Vor jeder Ablesung wurde der Wärmegrad und die Feuchtigkeit im Kasten wenigstens eine Stunde lang auf dem für die Ablesung gewünschten Stand gehalten, um dem Papier Zeit zu lassen, sich diesem Zustande anzupassen. Daß ein solcher Beharrungszustand wirklich erreicht war, zeigte das Hygrometer deutlich an, indem es, so lange das Papier sich änderte, d. h. Feuchtigkeit aufnahm oder abgab, eine Ab- oder Zunahme der Luftfeuchtigkeit anzeigte. Der Eintritt dieses Beharrungszustandes war auch daran kenntlich, daß das Papier, so lange es noch in beträchtlichem Grade Feuchtigkeit aufnahm oder abgab, wellig war, und erst dann wieder glatt wurde, wenn seine Feuchtigkeit ziemlich den Grad erreicht hatte, welcher der betreffenden Luftfeuchtigkeit entsprach.

Bei den bei 0 C° und + 40 C° gemachten Ablesungen wurde der Ausdehnungszahl des Messings entsprechend, bei den ermittelten Längen 0,1 mm in Abzug gebracht beziehungsweise hinzugefügt.

Bei der Prüfung wurde folgende Ordnung inne gehalten: Zunächst wurden die Messungen bei einer Wärme von + 20 C° und nach einander bei einer Luftfeuchtigkeit von 65, 40, 20 und 0 % vorgenommen. Nachdem dann die Luftfeuchtigkeit etwa 18 Stunden lang auf 0 % gehalten worden war, wurde wieder Feuchtigkeit zugeführt und die Messungen in umgekehrter Reihenfolge (0, 20, 40 und 65 %) ausgeführt. In derselben ab- und aufsteigenden Weise wurden die Messungen bei den Wärmegraden + 40 C° und 0 C° ausgeführt. Die Messungen bei 80 und 100 % Feuchtigkeit wurden, da die Vorversuche ergeben hatten, daß das Papier bei höheren Feuchtigkeitsgraden eine geringe dauernde Längenänderung erfährt, für sich in derselben Reihenfolge der Wärmestufen ausgeführt. Zuletzt wurde das Papier bei 20 C° und 65 und 20 % Luftfeuchtigkeit wiederholt gemessen, um die Größe der bleibenden Aenderung zu bestimmen. Papier I wurde nachträglich nochmals dem Einfluß einer Feuchtigkeit von 100 % ausgesetzt. Die Versuchsergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt. In der Tabelle enthalten Reihen a die bei abnehmender, die Reihen b die bei zunehmender Luftfeuchtigkeit gefundenen Werthe. Die Reihen $\frac{a+b}{2}$ geben die Mittel an. Die in den Reihen c aufgeführten Verhältnißzahlen beziehen sich auf die Länge bei 65 % Luftfeuchtigkeit und + 20 C° Wärme, welche gleich 100 gesetzt worden ist. Die kleingedruckten Zahlen geben die Längen an, welche gefunden wurden, nachdem das Papier durch den Einfluß einer Feuchtigkeit von 100 % eine dauernde Aenderung erlitten hatte. Die bei Papier III bei 80 % Feuchtigkeit und 0 C° vorkommende Abweichung dürfte darin ihre Erklärung finden, daß das Papier vor dem Ablesen aus Versehen einer etwas über 90 % betragenden Luftfeuchtigkeit ausgesetzt wurde, wodurch eine dauernde Aenderung eingetreten war.

Zur leichteren Uebersicht ist in Fig. 4 eine graphische Darstellung der prozentuellen Längenänderungen gegeben. Die Längsrichtung ist durch dickere, die Querrichtung durch dünnere Linien angegeben. Die Wärmestufen sind wie folgt gekennzeichnet: 0 C° = ..., + 20 C° = ... und + 40 C° .....

Die Werthe für die dauernden Aenderungen sind auf der Tafel durch Kreise angedeutet. Aus der umstehenden Zusammenstellung geht folgendes hervor:

1. Das Papier verlängert sich zwischen 0 und etwa 80 % Luftfeuchtigkeit ziemlich proportional der relativen Luftfeuchtigkeit. Von 80 bis 100 % steigt dagegen die Verlängerung etwas schneller.
2. Die Verlängerungen sind in den beiden Hauptrichtungen verschieden und zwar in der Querrichtung größer als in der Längsrichtung. Längsrichtung ist die in

Bezeichnung des Papiers	Feuchtigkeit der Luft %	Längsrichtung des Bogens											
		0°				+ 20°				+ 40°			
		Ablesungen am Maßstabe			Verhältnißzahl c	Ablesungen am Maßstabe			Verhältnißzahl c	Ablesungen am Maßstabe			Verhältnißzahl c
		a	b	$\frac{a+b}{2}$		a	b	$\frac{a+b}{2}$		a	b	$\frac{a+b}{2}$	
I	0	—	—	289,20	99,66	—	—	289,10	99,62	—	—	289,10	99,62
	20	289,6	289,5	289,55	99,78	289,6	289,5	289,55 289,5	99,78 99,76	289,4	289,4	289,40	99,72
	40	290,0	289,9	289,95	99,91	289,9	289,8	289,85	99,88	289,8	289,7	289,75	99,84
	65	290,4	290,4	290,40	100,07	290,2	290,2	290,20 290,1	100,00 99,96	290,2	290,1	290,15	99,98
	80	290,6	290,6	290,60	100,14	290,5	290,5	290,50	100,10	290,3	290,4	290,35	100,05
	100	—	—	291,50	100,45	—	—	291,60	100,48	—	—	291,20	100,34
II	0	—	—	288,60	99,62	—	—	288,50	99,59	—	—	288,40	99,55
	20	289,1	289,1	289,10	99,79	288,9	288,8	288,85 288,8	99,71 99,69	288,8	288,8	288,80	99,69
	40	289,4	289,4	289,40	99,90	289,2	289,2	289,20	99,83	289,0	289,0	289,00	99,76
	65	289,8	289,7	289,75	100,02	289,7	289,7	289,70 289,6	100,00 99,97	289,5	289,5	289,50	99,93
	80	289,9	290,1	290,00	100,10	290,0	289,9	289,95	100,09	289,9	289,9	289,90	100,07
	100	—	—	290,30	100,21	—	—	290,50	100,28	—	—	290,50	100,28
III	0	—	—	289,10	99,69	—	—	289,00	99,66	—	—	289,00	99,66
	20	289,4	289,4	289,40	99,79	289,3	289,4	289,35 289,2	99,78 99,72	289,4	289,3	289,35	99,78
	40	289,8	289,6	289,70	99,90	289,7	289,7	289,70	99,90	289,6	289,5	289,55	99,84
	65	290,1	290,1	290,10	100,03	290,0	290,0	290,00 289,8	100,00 99,93	289,9	289,9	289,90	99,97
	80	290,1	290,0	290,05	100,02	290,2	290,1	290,15	100,05	290,1	290,0	290,05	100,02
	100	—	—	290,50	100,17	—	—	290,50	100,17	—	—	290,30	100,10

Durchgang des Bogens

0°				+ 20°				+ 40°			
Ableſungen am Maßſtabe			Verhältnißzahl c	Ableſungen am Maßſtabe			Verhältnißzahl c	Ableſungen am Maßſtabe			Verhältnißzahl c
a	b	$\frac{a+b}{2}$		a	b	$\frac{a+b}{2}$		a	b	$\frac{a+b}{2}$	
—	—	287,90	99,38	—	—	287,80	99,34	—	—	287,80	99,34
288,6	288,6	288,60	99,62	288,5	288,4	288,45 288,4	99,57 99,55	288,4	288,4	288,40	99,55
289,2	289,1	289,15	99,81	289,1	289,0	289,05	99,78	288,9	288,8	288,85	99,71
289,8	289,8	289,80	100,03	289,7	289,7	289,70 289,7	100,00 100,0	289,7	289,6	289,65	99,98
290,0	290,0	290,00	100,10	289,9	290,0	289,95	100,09	289,9	289,9	289,90	100,07
—	—	291,60	100,66	—	—	291,60	100,66	—	—	291,10	100,48
—	—	288,10	99,38	—	—	288,00	99,34	—	—	287,90	99,31
288,9	288,8	288,85	99,64	288,7	288,6	288,65 288,6	99,57 99,55	288,4	288,3	288,35	99,47
289,4	289,3	289,35	99,81	289,1	289,1	289,10	99,72	288,9	288,9	288,90	99,66
289,9	289,9	289,90	100,00	289,9	289,9	289,90 289,9	100,00 100,00	289,7	289,7	289,70	99,93
290,4	290,5	290,45	100,19	290,3	290,5	290,40	100,17	290,3	290,3	290,30	100,14
—	—	292,20	100,79	—	—	292,00	100,72	—	—	291,60	100,59
—	—	288,40	99,52	—	—	288,30	99,48	—	—	288,20	99,45
288,9	288,9	288,90	99,69	288,8	288,8	288,80 289,0	99,65 99,72	288,7	288,7	288,70	99,62
289,4	289,3	289,35	99,84	289,3	289,2	289,25	99,81	289,1	289,1	289,10	99,76
290,0	290,0	290,00	100,07	289,8	289,8	289,80 290,0	100,00 100,07	289,6	289,6	289,60	99,93
290,0	289,9	289,95	100,05	290,5	290,6	290,55	100,26	290,3	290,3	290,30	100,17
—	—	292,00	100,76	—	—	291,80	100,69	—	—	291,50	100,59

Maschinenlauf liegende Richtung des Papiers. Querrichtung ist die dazu senkrechte Richtung. Die Längsrichtung des Papiers zeichnet sich durch größere Reißlänge und geringere Dehnung der Querrichtung gegenüber aus.

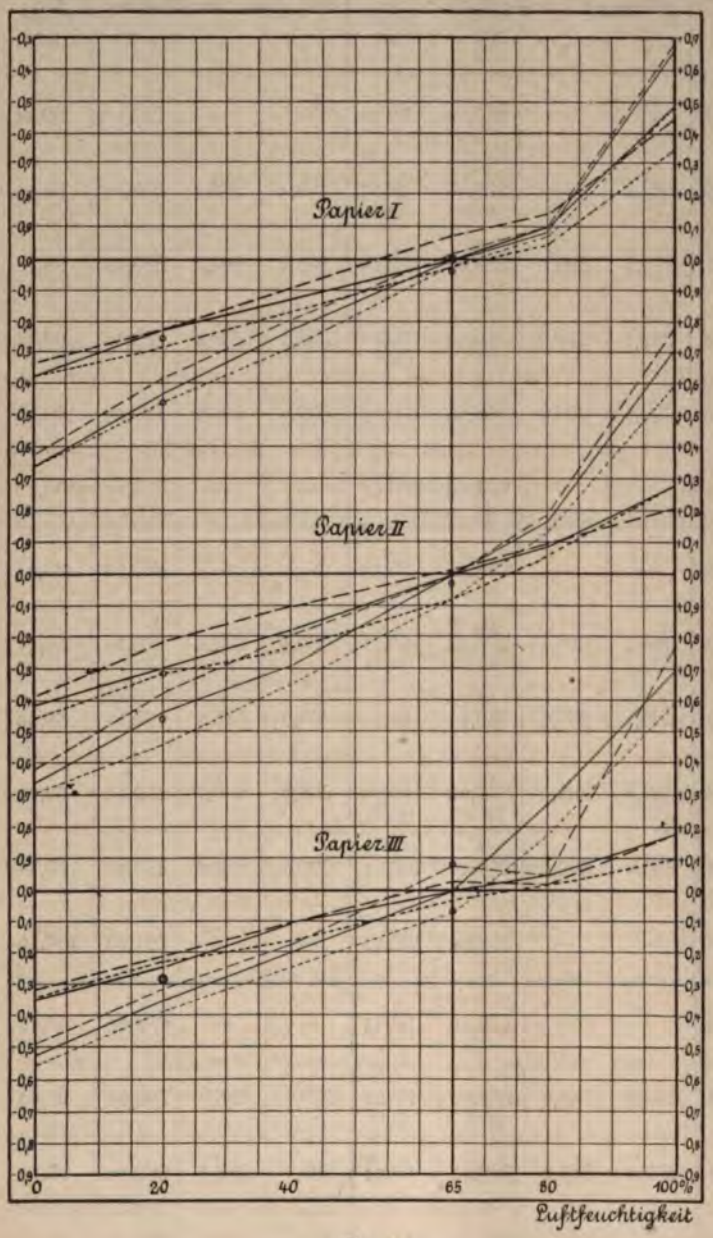


Fig. 4.

3. Der Wärmegrad scheint einen, wenn auch im Verhältniß zu dem der Feuchtigkeit unbedeutenden Einfluß auf die Ausdehnung des Papiers auszuüben, und zwar nimmt bei niedriger Luftfeuchtigkeit (unter 65 %) die Längenänderung zu mit steigender Wärme, bei hoher Luftfeuchtigkeit dagegen ab.
4. Das Papier erleidet bei dem Durchlaufen der verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsstufen keine dauernde Aenderung, so lange es nicht dem Einfluß eines höheren Feuchtigkeitsgehaltes als etwa 80 % ausgesetzt wird; ist dies dagegen der Fall, so tritt eine geringe dauernde Aenderung ein.
5. Die drei verschiedenen Papiersorten verhalten sich in Bezug auf ihre Längenänderungen etwas verschieden.

Zu den obigen Punkten sei noch folgendes bemerkt. Die bei den höheren Feuchtigkeitsstufen auftretenden Unregelmäßigkeiten dürften ihren Grund darin haben, daß das Papier, sobald die Luftfeuchtigkeit 80 % übersteigt, infolge des aufgenommenen Wassers so lose und lappig wird, daß es den durch die Reibung gegen die Unterlage verursachten Widerstand nicht ohne gleichzeitige Verschiebung der Papierfasern unter einander überwinden kann.

Eine Steigerung dieses Lappigwerdens bei zunehmender Wärme dürfte auch die Ursache der verringerten Veränderung sein, welche das Papier bei gleichzeitig hohem Wärmegrad und hoher Luftfeuchtigkeit erleidet.

Der Einfluß der Wärme kann nur unter der Voraussetzung für erwiesen erachtet werden, wenn man annimmt, daß die in Frage kommenden Wärmegrade auf die Angaben des Hygrometers ohne Einfluß sind. Ob diese Annahme berechtigt ist oder nicht, könnte erst nach einer eingehenden Untersuchung festgestellt werden. Werden jedoch bei den für die Papiere eventuell anzubringenden Korrektionen die Angaben eines Haarhygrometers benutzt, so würde ein möglicherweise vorhandener Fehler ohne weiteres ausgeglichen werden.

Die dauernden Aenderungen, welche eintreten, sobald das Papier dem Einfluß sehr feuchter Luft ausgesetzt wird, dürften theils in dem oben erwähnten Umstand, theils in dem Fabrikationsprozeß an sich ihre Erklärung finden. Für die letztere Annahme spricht der Umstand, daß die dauernde Aenderung in den beiden Hauptrichtungen verschiedenartig ist. In der Längsrichtung tritt eine deutliche Verkürzung des Papiers ein, in der Querrichtung ist die Verkürzung beim Papier I und II eine kaum merkbare, beim Papier III tritt sogar eine Verlängerung ein.

Nachdem das Papier nun diese dauernde Aenderung erlitten hat, scheint es nach den bisher gemachten Beobachtungen keine weitere dauernde Aenderung mehr zu erleiden. Um jedoch volle Aufklärung über dieses auffällige Verhalten des Papiers bei wiederholter Einwirkung trockener und feuchter Luft zu erhalten, wird noch eine besondere umfangreiche Versuchsreihe ausgeführt werden. Bei Papier I, welches nach der Beendigung der Versuchsreihen einer nochmaligen Einwirkung sehr feuchter Luft ausgesetzt wurde, zeigte sich keine weitere dauernde Aenderung. Jedenfalls dürfte es sich empfehlen, Papiere, welche zur Diagrammaufnahme dienen sollen, vor dem Bedrucken oder wenigstens vor dem Einspannen in den betreffenden Apparat, wiederholt dem Einfluß sehr feuchter und sehr trockner Luft auszusetzen, um einen durch die sonst unvermeidliche dauernde Aenderung des Papiers hervorgerufenen Fehler zu vermeiden. Für den Fall, daß eine Korrektion der durch die Luftfeuchtigkeit hervorgerufenen Fehler nicht möglich sein sollte, ist es von Wichtigkeit, daß das Papier so eingespannt wird, daß die Angabe, von welcher die größte Genauigkeit verlangt wird, in der Richtung des Papiers aufgetragen wird, welche die geringere Aenderung erleidet.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Längenänderung des Papiers der Aenderung in der Luftfeuchtigkeit beziehungsweise der Hygrometerangabe folgt, ließ sich infolge des obengenannten Welligwerdens des Papiers nicht zahlenmäßig verfolgen. In keinem Falle wurde eine erhebliche Abweichung von der dem betreffenden Luftfeuchtigkeitsgehalt entsprechenden Länge wahrgenommen. Die in der Tabelle zwischen den Zahlenwerthen der Reihen a und b vorkommenden Unterschiede sind ebenfalls sehr gering und zeigen, daß das Papier wenigstens innerhalb der zwischen den Ablesungen verflossenen Zeit (2 Stunden) einer Aenderung von 20 % in der Luftfeuchtigkeit ziemlich genau folgt.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die drei untersuchten Papiere von derselben Stoffzusammensetzung (etwa 50 % Holzcellulose und 50 % Holzschliff) waren. Es wäre deshalb sehr wohl möglich, daß Papiere anderer Stoffzusammensetzung und anderer Herstellungsart bezüglich ihrer Längenänderungen günstigere Ergebnisse lieferten, da anzunehmen ist, daß durch passende Wahl der Faserbestandtheile und durch eine zweckmäßige Imprägnirung des Papiers der Einfluß der Feuchtigkeit bedeutend verringert werden kann.

6. Zum qualitativen Nachweis unverseifbarer Oele in fetten Oelen.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung Dr. Holde.

Zur qualitativen Vorprüfung der verseifbaren fetten Oele auf Gegenwart unverseifbarer Oele dient bekanntlich seit langem das Verhalten der alkoholischen Seifenlösung des zu prüfenden Oeles auf Zusatz von Ammoniak[1]) oder Wasser[2]). Mineralöle scheiden sich bei Zusatz des einen oder anderen Reagens zur Seifenlösung aus, hierbei eine Trübung der Lösung verursachend. Nach Versuchen des Verf. konnten auf diese Weise bis zu 1 % Mineralöl nachgewiesen werden; zu diesen Versuchen wurden Rüböle, Baumöle, Knochenöle und deren Mischung mit Mineralmaschinenölen benutzt.

Es war nun erwünscht, einerseits die Zuverlässigkeit der hier benutzten qualitativen Verseifungsprobe zum Nachweis von Mineralöl noch an einem umfangreicheren Oelmaterial zu prüfen, andererseits festzustellen, in wie weit sich auch die anderen als Zusatz zu fetten Oelen in Frage kommenden unverseifbaren Oele bei jener Probe verhalten. Amsel, dem die früheren Mittheilungen über Nachweis von Mineralöl in fetten Oelen entgangen zu sein scheinen, hat die Nachweisbarkeit von Harzöl in Firnissen durch Zusatz von Wasser zu der alkoholischen Seifenlösung der Leinöle und Firnisse geprüft[3]). Er ist hierbei bis zu einem Harzölzusatz von 20 % herabgegangen und konnte in diesen Fällen noch Harzöl an der entstehenden Trübung der Lösung erkennen.

Lobry de Bruyn[4]) zeigte, daß die unverseifbaren in flüssigen Wachsen vorkommenden höheren Alkohole bei der hier üblichen Verseifungsprobe auf Zusatz von Wasser nicht ausfallen und somit den Nachweis von Mineralölen in jenen fetten Oelen nicht stören.

Die nachstehend mitgetheilten vom Verf. in Gemeinschaft mit Dr. Ruhemann ausgeführten Versuche sollen die bisherigen Untersuchungen über den Werth der Verseifungsprobe in der oben angedeuteten Weise ergänzen.

Zur Untersuchung gelangten Mischungen von altem Leinöl und Thran mit verschiedenen Sorten von Mineralölen und Harzölen. Ferner wurden noch einige Versuche mit Mischungen der genannten fetten Oele mit Braunkohlentheeröl ausgeführt.

Zur Ausführung der Probe wurden entsprechend den früheren Angaben 3 bis 4 Tropfen Oel eine Minute mit einer alkoholischen Kalilösung (hergestellt durch Aufkochen eines erbsengroßen Stückes Kalihydrat in etwa 5 ccm absol. Alkohol) im Reagensglas gekocht. Zu der so hergestellten Seifenlösung wurde allmählich Wasser (½ bis 15 ccm) hinzugefügt und beobachtet, ob hierbei eine bleibende oder bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung entstand. Sorgfältiges Beobachten ist hierbei erforderlich, da eine charakteristische schwache, aber bei viel Wasserzusatz vorübergehende Trübung, von ausgeschiedenem unverseifbaren Oel herrührend, sonst leicht übersehen werden kann.

Die Versuche zeigen, daß sich Mineralöl fast durchweg bis zu 1 % herab, den früheren Angaben entsprechend, bei der Verseifungsprobe verräth, nur in wenigen Fällen war die Grenze 1,25 %. Für Harzöl war die Grenze der Nachweisbarkeit 12 %, für Braunkohlentheer 3 %.

---

[1]) „Benedikt, Analyse der Fette und Wachsarten", 1886, S. 102.
[2]) „Mittheilungen", 1889, S. 75 und 1891, S. 301.
[3]) „Zeitschrift für angew. Chem.", 1895, 3, S. 73.
[4]) „Chem.-Ztg.", 1893, S. 1453.

Tabelle 1. Mischungen von Leinöl 1 und Mineralölen.

Nr. des zugesetzten Mineralöls	Aeußere Erscheinung der Seifenlösung auf Zusatz von Wasser				
	Prozentgehalt des Leinöls an Mineralöl				
	4	2	1¼	1	0
1. farbloses Paraffinöl, russisch	starke, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	schwache, bei viel Wasserzusatz vorübergehende Trübung	—	schwache, bei viel Wasserzusatz vorübergehende Trübung	bleibt klar
2. gelbes Motorenöl	wie oben	schwache, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	—	sehr schwache, bald nach fortgef. Wasserzusatz vorübergehende Trübung	—
3. gelbes Spindelöl, amerikanisch	wie oben	schwache, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	—	wie bei Nr. 2	—
4. Mineralmaschinenöl, russisch	mäßig starke, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	schwache, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	sehr schwache, bei viel Wasserzusatz vorübergehende Trübung	bleibt klar	—
5. Wagenschmieröl	mäßig starke, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	schwache, bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	—	wie bei Nr. 2	—

Tabelle 2. Mischungen von Leinöl 1 und Harzölen.

Nr. des zugesetzten Harzöls	Aeußere Erscheinung der Seifenlösung auf Zusatz von Wasser				
	Prozentgehalt des Leinöls an Harzöl				
	20	15	12	10	5
1.	starke, auch bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	starke, auf Zusatz von viel Wasser verschwindende Trübung	starke, bei viel Wasserzusatz fast völlig verschwindende Trübung	bei Zusatz von wenig Wasser schwach getrübt, bei Zusatz von viel Wasser klar	bleibt klar
2.	wie oben	wie oben	wie oben	bleibt klar	wie oben
3.	wie oben	starke, auch bei viel Wasserzusatz bleibende Trübung	mäßig starke, bei viel Wasserzusatz fast völlig verschwindende Trübung	bleibt klar	wie oben
4.	wie oben	wie bei Nr. 3	starke, bei viel Wasserzusatz fast völlig verschwindende Trübung	bleibt klar	wie oben
5.	wie oben	wie bei Nr. 3	mäßig starke, bei viel Wasserzusatz fast völlig verschwindende Trübung	bei Zusatz von wenig Wasser schwach getrübt, bei Zusatz von viel Wasser klar	wie oben

Tabelle 3. Mischungen von Thran 1 und Mineralölen.

Prozentgehalt an Mineralöl	Aeußere Erscheinung der alkohol. Seifenlösung auf Zusatz von Wasser.				
	Nr. des Mineralöls				
	1	2	3	4	5
1¼	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	starke bleibende Trübung	—	mäßig starke, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	—
1	sehr schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	bleibt klar	schwache bleibende Trübung
0	klar				

Tabelle 4. Mischungen von Thran 1 und Harzölen.

Prozentgehalt an Harzöl	Aeußere Erscheinung der Seifenlösung auf Zusatz von Wasser.				
	Nr. des Harzöls				
	1	2	3	4	5
12	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung	schwache, bei größerem Wasserzusatz verschwindende Trübung
10	wie oben	wie oben	bleibt klar	wie oben	äußerst schwache, bei größerem Wasserzusatz vorübergehende Trübung.

Tabelle 5. Mischungen mit Braunkohlentheerölen.

Art des benutzten fetten Oeles	Nr. des Braunkohlentheeröls	Aeußere Erscheinung der alkohol. Seifenlösung auf Zusatz von Wasser.		
		Prozentgehalt des fetten Oels an Theeröl.		
		3,5	3	2
Leinöl 1	1	bei Zusatz von viel Wasser deutliche Trübung	bei Zusatz von viel Wasser deutliche Trübung	—
Thran 1	1	—	bei Zusatz von viel Wasser schwache Trübung	bleibt klar
	2	—	bei Zusatz von viel Wasser schwache Trübung	—

7. Der Chlorgehalt von Adeps Lanae N. W. K.

Von Dr. D. Holde und Dr. A. Ruhemann.

In Bezug auf den Chlorgehalt von Adeps Lanae, des von der Norddeutschen Wollkämmerei zu Delmenhorst neuerlich in den Handel gebrachten Wollfettpräparates, stehen sich bekanntlich die Ansichten mehrerer Analytiker gegenüber. Die einen halten das Präparat für chlorfrei, die anderen halten es für ausgesprochen chlorhaltig (0,2 bis 0,5 % Chlor) und tragen daher Bedenken gegen seine Verwendung zu dermatologischen Zwecken. Die auf beiden Seiten benutzten Methoden zum Chlornachweis sind mehrfach Gegenstand scharfer Beurtheilung gewesen. Unter anderen ist auch ein bisher kaum der Kritik unterworfenes Verfahren benutzt worden, welches auf der Ueberführung der Chlorverbindungen des Fettes in Alkalichlorid durch Eintragen des Fettes in ein geschmolzenes Gemisch von gleichen Theilen Soda und Salpeter beruht. Nach diesem Verfahren hat z. B. Beckurts die Abwesenheit, Lohmann die Anwesenheit von Chlor in mehreren Zehnteln Prozent im Adeps Lanae erwiesen.

Bei Untersuchung mehrerer Fette auf Gehalt an Chlor haben auch wir uns der Salpeterschmelze bedient. Hierbei fiel eine beträchtliche Fehlerquelle des Verfahrens auf, welche, wie sich gezeigt hat, vielfach noch unbekannt sein dürfte und daher im Nachfolgenden besprochen sein möge.

Das Verfahren wurde von uns anfänglich, wie folgt, ausgeübt:

Etwa 2 g Fett wurden in ein geschmolzenes Gemisch von 4 g Kalisalpeter und 4 g Soda tropfenweise eingetragen. Nach etwa 1/4 stündigem Schmelzen der Masse im Platin- oder Porzellantiegel wurde sie in heißem Wasser gelöst und dann mit verdünnter Salpetersäure im Ueberschuß so lange gekocht, bis keine braunen Dämpfe mehr sichtbar waren. Die so erhaltene salpetersaure Lösung wurde in bekannter Weise mit Silbernitrat auf Chlor geprüft.[1]) Die benutzten Salzproben, Soda und Salpeter (von Schering als chemisch rein bezogen), waren vor den Schmelzversuchen in salpetersaurer Lösung mit Silbernitrat geprüft worden und hatten keine Reaktion, bezw. höchstens sehr schwache opalisirende Trübungen von Chlorsilber ergeben.

Sämmtliche untersuchten Fette gaben nun nach der Schmelze, wie oben beschrieben, mit Salpetersäure und Silbernitrat behandelt, wiederholt erhebliche in Ammoniak lösliche, käsige Chlorsilberniederschläge. Dieser auffällige Befund gab Veranlassung, eine blinde Schmelze der benutzten Salze vorzunehmen. Beim ersten Versuch trat auf Zusatz von Silbernitrat zur gelösten Schmelze nur schwache Trübung, beim Stehen sehr geringer Chlorsilberniederschlag auf, bei Wiederholungsversuchen war aber regelmäßig erheblicher käsiger Niederschlag von Chlorsilber zu beobachten. Soda allein geglüht gab keine Chlorreaktion, Salpeter gab für sich 1/4 Stunde geglüht in einem Falle mäßig starke Reaktion, im anderen Falle erhebliche Reaktion. Demnach war die Gegenwart von Chlorverbindungen (z. B. von überchlorsaurem oder chlorsaurem Kali,[2]) im Salpeter anzunehmen, welche erst durch Schmelzen in die gegen Silbernitrat reagierenden salzsauren Salze übergingen. Der negative Ausfall des

[1]) Zu empfehlen ist, wie dies auch bei den weiteren Versuchen beachtet wurde, zur Vermeidung von Chlorverlusten Silbernitrat vor der Erhitzung mit Salpetersäure zu der Lösung der Schmelze hinzuzufügen.

[2]) Daß Salpeter nach dem Schmelzen einen mehr oder weniger starken Chlorsilberniederschlag giebt, hat Beckurts im Archiv. d. Pharmacie 1886, 333 gezeigt, neuerdings hat Häussermann (Zeitschr. f. angew. Chem. 1894) auf den Gehalt an Perchlorat im Salpeter hingewiesen.

einen blinden Versuches war durch zu kurzes oder vielleicht nicht intensiv genug gehaltenes Schmelzen herbeigeführt, wie sich bei entsprechenden Kontrolversuchen ergab. Von namhaften Fabriken als chlorfrei bezogener Salpeter, sowie Proben von Salpeter aus verschiedenen chemischen Laboratorien gaben nach dem Schmelzen mehr oder weniger starke Chlorreaktion.

Nunmehr stellten wir uns selbst aus kohlensaurem Kali und Salpetersäure völlig chlorfreien Salpeter her und führten mit diesem und Soda die Schmelzen mit den Fetten aus, nachdem durch eine blinde Schmelze die Abwesenheit irgend welcher Chlorverbindungen im Salpeter erhärtet worden war. Von sechs untersuchten Fetten, die mit handelsüblichem Salpeter geprüft, chlorhaltig erschienen, zeigte sich jetzt nur bei einem ein erheblicher Niederschlag von Chlorsilber, bei den anderen fünf höchstens schwaches Opalisiren auf Zusatz von Silbernitrat zu der in Salpetersäure gelösten Schmelze; dieses Resultat wurde durch Glühen der Fette mit Natrium oder gebranntem chlorfreien Kalk und Zusatz von Silbernitrat zu den in Salpetersäure gelösten Glührückständen vollauf bestätigt.

Schließlich wurden je 1 und $1^3/_4$ g Adeps Lanae N. W. K. der Norddeutschen Wollkämmerei mit dem von uns hergestellten Salpeter in Gemisch mit Soda geschmolzen und dann zur salpetersauren Lösung der Schmelze einige Tropfen Silbernitrat hinzugefügt. In einer Zahl von Versuchen mit 1,5 bis 2,3 g Fett trat keine quantitativ zu verfolgende Reaktion, sondern nur schwaches Opalisiren der Lösung ein. Nur ein einziges Mal konnte aus 2,2 g Fett ein 0,0019 g betragender Niederschlag gesammelt werden, so daß nach diesem Verfahren geprüft, im Einklang mit den Befunden von Beckurts, Benedikt ꝛc., Adeps Lanae nicht als chlorhaltig bezw. höchstens als Spuren Chlor enthaltend angesehen werden kann.

Nach vorstehenden Versuchen ist bei Chlorbestimmungen in organischen Substanzen mittelst der Salpeterschmelze stets durch einen blinden Versuch, wie dies der eine von uns kürzlich vorgeschlagen hat[1]), die völlige Chlorfreiheit des Salpeters zu untersuchen und event. chemisch reiner Salpeter selbst zu bereiten.

---

8. Der Harzgehalt und die Verharzungsfähigkeit der Mineralschmieröle.

Von Dr. D. Holde, Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung.

Ueber die Vorgänge beim Eintrocknen der trocknenden und halbtrocknenden fetten Oele in dünner Schicht sind im Laufe der letzten Jahre im Anschluß an die vortreffliche Arbeit Mulders[2]) durch die Untersuchungen von Hazura, Bauer, Friedrich[3]), Fahrion[4]) u. a. hinreichende Aufschlüsse gegeben worden. Man hat hiernach das Verharzen, wie man das Eintrocknen oder Eindicken in dünner Schicht gewöhnlich nennt, bei fetten Oelen ausschließlich auf chemische Prozesse, in erster Linie auf Oxydation unter Polymerisation und Anhydridbildungen in den Bestandtheilen der Oele zurückzuführen. Die Prüfung pflanzlicher oder thierischer zu Schmierzwecken benutzter Oele erstreckt sich in Rücksicht auf die Möglichkeit leichter

[1]) „Chem. Ztg.", 1895, S. 573.
[2]) „Die Chemie der austrocknenden Oele" Rotterdam 1865.
[3]) „Monatshefte für Chemie" 1887, S. 147 und 146.
[4]) „Chem. Ztg." 1893, S. 684 und 1848.

Verharzung daher in erster Linie auf die Gegenwart trocknender und halbtrocknender Oele. Außerdem wird noch auf die Gegenwart von Colophonium geprüft, welches nach den bisherigen Erfahrungen als alleiniger künstlicher Harzzusatz zu fetten Oelen in Frage kommt und ein an sich schwaches Verharzen eines Schmieröles natürlich begünstigen kann.

Ueber Verharzungsvorgänge bei Mineralölen sind, soweit die gewöhnlichen Umstände, d. h. Zimmerwärme, bei Ausbreitung des Oeles in Betracht kommen, bis vor Kurzem noch keine positiven Befunde bekannt geworden. Die Mineralöle gelten daher bislang allgemein als nicht verharzende Oele. Bei asphaltreichen braunschwarzen Mineralölen wurden vor längerer Zeit beträchtliche Verharzungen und bei Oelen mit mäßig hohem Asphaltgehalt merkliche Verdickungen beim Erhitzen in dünner Schicht auf 50 und 100 C° nachgewiesen[1]). Dehnt man die Versuche auf eine sehr lange Zeitdauer aus, so können schließlich auch, wie die nachfolgend mitgetheilten Versuche zeigen werden, bei unvollkommen hergestellten Mineralölen bei Zimmerwärme Verharzungen eintreten.

Ein Gehalt an Harzbestandtheilen, welche Verharzen der Mineralschmieröle veranlassen können, ist bisher, abgesehen von den durch Benzin abscheidbaren Asphaltstoffen[2]), in unverfälschten Mineralölen noch nicht nachgewiesen worden. Aisinmann stellt diese Thatsache an einer Reihe von bemerkenswerthen Versuchen fest, die er im Laboratorium der Mineralölwerke Albrecht & Co. ausgeführt hat[3]). Da er indessen die Möglichkeit eines positiven Nachweises von Harzbestandtheilen in den Mineralölen nicht näher verfolgt, so wurden hier zu dieser Frage unter Zugrundelegung der in den letzten Jahren gesammelten Erfahrungen die im Nachfolgenden zu besprechenden Versuche ausgeführt[4]). Bei den Versuchen wurde insbesondere auch das Augenmerk darauf gerichtet, die schon früher kurz gestreiften Beziehungen zwischen dem Harzgehalt der Mineralöle und ihrer Verharzungsfähigkeit näher zu ermitteln.

Experimenteller Theil.

1. Der Nachweis harzartiger Bestandtheile in Mineralölen.

a) Durch absol. Alkohol aus der äther. Lösung der Oele ausfällbare Pechharze.

Gelegentlich der Untersuchung eines braunschwarzen Cylinderöles auf Erdwachs durch Schütteln des Oeles mit Alkohol-Aether (3 : 4) wurde eine Beobachtung gemacht, welche, wie nachstehend gezeigt werden wird, zum Ausgangspunkt einer allgemeineren Methode für den Pechnachweis in dunklen Mineralölen gewählt werden konnte.

Das fragliche Cylinderöl war ein hochsiedender Rückstand der Petroleumdestillation vom spec. Gewicht 0,9025 bei 20 C° und dem Flammpunkt 289 C° (Apparat Pensky). Fremde Zusätze konnten in dem Oel nicht nachgewiesen werden. Die Gegenwart von Colophonium war wegen der Abwesenheit freier Säure im Oel ausgeschlossen.

Nach zehnstündigem Erhitzen des in dünner Schicht ausgebreiteten Oeles auf 145 C° wurde auffällig starkes Klebrigwerden bemerkt. Als das Oel schließlich zwecks Nachweis von

[1]) „Mittheilungen" 1893, S. 276.

[2]) Ebendaselbst.

[3]) „Dingl. polyt. Journ." 1894, Bd. 294, 3.

[4]) Das von Aisinmann kritisirte Verfahren zum Harznachweis in Mineralölen, beruhend auf Bestimmung der in konzentrirter Schwefelsäure löslichen Bestandtheile, ist bisher von der Versuchsanstalt zum positiven Nachweis von Harzen noch nicht benutzt worden; auch ist die Anwendung des Verfahrens zu diesem Zweck nicht in Aussicht genommen.

Erdwachs mit Alkohol-Aether (3 : 4) geschüttelt wurde (erdwachshaltige helle Cylinderöle gaben auf diese Weise behandelt flockige helle Niederschläge, welche getrocknet eine bei 70—71 C° schmelzende schneeweiße Masse bildeten), zeigte sich ein schmutzig brauner Niederschlag. Beim Abfiltriren des Niederschlages hatte dieser eine tiefdunkle braunschwarze Färbung und theilweise Löslichkeit in viel Alkohol-Aether. Zur Trennung des Niederschlages von dem in Alkohol-Aether löslichen Oel wurde er daher nur so lange mit dem Lösungsmittel ausgewaschen, bis das abfließende Lösungsmittel nach dem Verdunsten auf einem Uhrglase keinen öligen Rückstand mehr, sondern nur noch eine klebrige harzige Masse hinterließ.

Der Niederschlag betrug etwa 12% vom Gewicht des ursprünglichen Oeles (über die zu befolgende quantitative Bestimmung wird weiter unten Mittheilung erfolgen), löste sich in Benzol völlig, in Benzin zum großen Theil auf. Die Lösungen in Benzin oder Benzol hinterließen nach dem Verdunsten des Lösungsmittels in einer Schale eine in dicker Schicht schwarze Masse von mattglänzender, beim Neigen der Schale unbeweglicher Oberfläche. Beim Bewegen mit einem Glasstabe zeigte die so geschmolzene Masse eine harzige fadenziehende Beschaffenheit, etwa wie erweichendes Pech; bei schwachem Erwärmen, z. B. auf 40—50° nahm sie eine ölig dickflüssige Beschaffenheit an.

Das mittelst Alkohol-Aether von dem pechartigen Niederschlag befreite Oel zeigte, nachdem es auf dem Wasserbade vom Alkohol-Aether befreit worden war, eine wesentlich veränderte äußere Beschaffenheit gegenüber dem ursprünglichen Oel. Letzteres war von tief braunschwarzer bis grünlichschwarzer Farbe und in 2—3 mm dicker Schicht ganz undurchsichtig, das von Pech befreite Oel war in dieser Schicht mit rothbrauner Farbe durchscheinend und im auffallenden Lichte schön grünlich gefärbt; in Benzin ist es mit gelber Farbe klar löslich und setzt erst nach längerem Stehen sehr geringen Bodensatz ab, während das ursprüngliche Oel sich mit braunrother Farbe unter Trübung der Flüssigkeit löst und baldigst einen merklichen Bodensatz von Asphaltstoffen niederfallen läßt.

Ein bei 100 C° ausgeführter Verharzungsversuch, zu dem je ein Tropfen Oel mit dem Finger auf einer Glasplatte verrieben wurde, ergab nach 300stündigem Erhitzen des Oeles in dünner Schicht

1. bei dem, wie oben gezeigt, von Pech befreiten Oel fast gänzliche Verflüchtigung des Oeles, Zurückbleiben einer äußerst dünnen klebrigen Schicht;
2. beim ursprünglichen Oel Zurückbleiben einer merklich dicken, kalt harzig-klebrigen, warm weichen Schicht.

Das Ergebniß dieser Versuche war dahin zu erklären, daß das von der Hauptmenge seines Peches durch Alkohol-Aether befreite Oel durch das lang andauernde Erhitzen in dünner Schicht zum größten Theil verflüchtigt und nur geringe in ihm noch gelöste Harz- oder Pechstoffe die beobachtete geringfügige Verharzung bedingten. Beim ursprünglichen Oel waren in Folge des Erhitzens in dünner Schicht nach Verflüchtigung der flüssigen Bestandtheile erheblichere Pechmengen zurückgeblieben.

Alsbald zeigte sich, daß die Fähigkeit, mit Alkohol-Aether (3 : 4 bis 4 : 3) pechartige bis asphaltartige harte Niederschläge zu geben, allen in 6 mm Schicht undurchsichtigen Mineralschmierölen und Rohölen eigen ist, und daß diese Stoffe, einschließlich der früher charakterisirten durch Benzin abgeschiedenen Asphaltkörper, die tiefdunkle Färbung der Erdölrückstände verursachen. In Benzol sind diese Körper sämmtlich leicht löslich.

Es war nun erwünscht, näheren Einblick in die Natur und Mengenverhältnisse der fraglichen Pechstoffe bei verschiedenen reinen Mineralschmierölen und Rohölen zu erlangen.

Daher wurden noch 6 Mineralschmieröle und 2 Roherdöle, über deren Herkunft hinreichend zuverlässige Angaben vorlagen (zum Theil waren die Proben amtlich entnommen), untersucht und hierbei gleichzeitig die geeigneten Bedingungen für gut vergleichbare quantitative Bestimmungen der Pechmengen, soweit dies möglich, ermittelt.

Das Mineralschmieröl Nr. 5 (Tab. 1) war russischer Herkunft, von braunschwarzer Farbe, im 6 mm weiten U-Rohr noch völlig undurchsichtig, und zeigte beim Ablaufen an einer Glaswand in dünner Schicht feine feste Partikelchen. Beim Filtriren hinterläßt es auf dem Filter eine schwarze, breiige Masse. Der Flüssigkeitgrad des Oeles nach Engler betrug bei 20 C° 45,5, bezogen auf Wasser von 20C°.

In bis 35 C° siedendem Benzin war das Oel anfänglich mit schwacher Trübung löslich; nach ½stündigem Stehen zeigte die Lösung starken Niederschlag, der nach dem Abfiltriren die Eigenschaften der schon früher beschriebenen harten Asphalte zeigte, wie solche in dunklen Oelen gelöst vorkommen.

Mit Alkohol-Aether (3 : 4) geschüttelt gab das Oel sofort einen sich zum Theil an die Glaswandungen anlegenden Niederschlag. Nach einer Reihe von sowohl mit diesem Oel, als drei anderen Oelen ausgeführten Vorversuchen ergab sich, daß mit steigendem Gehalt an Alkohol in der Alkohol-Aethermischung reichlichere Mengen von Pechniederschlag sich abscheiden ließen, und daß bei Anwendung alkoholreicherer Alkohol-Aethermischungen bis zum Verhältniß 4 Theile Alkohol zu 3 Theilen Aether schnelleres Anlegen des Pechniederschlages an die Gefäßwandungen und klarere Abscheidung der alkohol-ätherischen Oellösung stattfand. Bei dem vorliegenden Oel 1 geschah diese Abscheidung unter Anwendung von Alkohol-Aether (4 : 3) so vollkommen, daß zur quantitativen Bestimmung des Niederschlages die Oellösung nur aus dem Gefäß abgegossen zu werden brauchte und zurückbleibende Reste der Lösung durch wiederholtes Nachspülen mit Aether-Alkohol und Abgießen des letzteren entfernt werden konnten. Auch bei den übrigen Oelen, mit Ausnahme von Nr. 6 in Tab. 1, war die so vollzogene Abscheidung eine befriedigende, wenn auch bei einigen etwas Pechniederschlag schwebend blieb und durch Filtriren gesammelt werden mußte. Dagegen hielten die Lösungen mehrerer Oele in einer alkoholärmeren Aether-Alkoholmischung noch nach mehreren Tagen beträchtliche Mengen Niederschlag schwebend, welcher leicht durch das Filter ging und eine annähernd genaue Bestimmung unmöglich machte.

Die durch Alkohol-Aether erhaltenen Pechniederschläge wurden nicht nur in reichlicherer Menge, sondern auch leichter schmelzbar erhalten, je größer der Gehalt der Alkohol-Aethermischung an Alkohol war. Wenn es demnach zur thunlichst vollständigen und gleichzeitig bequemeren Abscheidung des Peches erwünscht war, ein möglichst alkoholreiches Lösungsmittel anzuwenden, so war es nicht zulässig über einen Zusatz von 4 Theilen Alkohol zu 3 Theilen Aether hinauszugehen, da sich sonst auch das pechfreie Oel nicht mehr genügend löst. Von den hellen pechfreien Destillatölen, z. B. den üblichen Spindelölen, Motorölen und Maschinenölen für schweren und leichten Betrieb, brauchen je 1 ccm Oel 1—5 ccm Alkohol-Aether zur völligen Lösung. Nach längerem, z. B. 1tägigem Stehen trüben sich die Lösungen indessen oder lassen einen großen Theil des gelösten Oeles wieder ausfallen und zwar auch in verkorkten Reagensgläsern, wahrscheinlich dadurch, daß etwas Aether verdunstete. Durch weiteren Zusatz geringer Mengen Alkohol-Aether (½—1 ccm) kann das ungelöste Oel wieder völlig in Lösung gebracht werden.

Bei Cylinderölen wurden erheblich größere Mengen Alkohol-Aether (bis zu 25 ccm) zur Erzielung von genügend klaren Lösungen gebraucht, in einzelnen Fällen war aber auch m[illegible]

dieser Menge Lösungsmittel noch nicht vollkommene Lösung zu erzielen. Bei den sonstigen hellen Oelen ist die zur Lösung gebrauchte Menge Lösungsmittel im Allgemeinen um so größer, je dickflüssiger bezw. höher siedend die Oele sind[1]). Eine Analogie zu dieser Gesetzmäßigkeit zeigen die in den dunklen Oelen vorkommenden Pechstoffe insofern, als mit steigendem Schmelzpunkt auch ihre Löslichkeit in Alkohol-Aether geringer wird. Je mehr sich diese Stoffe entsprechend ihrem Schmelzpunkt, und wahrscheinlich auch in Bezug auf den Gehalt an Sauerstoff bezw. Schwefel, den Bestandtheilen des eigentlichen Oeles nähern, um so leichter lösen sie sich auch in Alkohol-Aether.

Die durch Alkohol-Aether (4 : 3) von Pech und Asphalt befreiten Oele waren meistens wie die dunklen Destillatöle in 6 mm dicker Schicht klar durchscheinend und blutroth bis braunroth. In dünner Schicht zeigten die so behandelten Oele sämmtlich keine festen Bestandtheile, während dies bei mehreren der ursprünglichen dunklen Oele, insbesondere rein deutschen Mineralölen und Rohpetrolen in erheblichem Maße der Fall war. Die dunklen in 6 mm dicker Schicht klar durchscheinenden Destillatöle lösten sich in obigem Alkohol-Aether vollkommen oder, wie z. B. Oel 1 in Tab. 1 zeigt, bis auf äußerst geringfügige Mengen Pech. Ein Oel vom Aussehen solcher Destillate wurde durch Auflösen im lauwarmen Zustande von 2% Pech (aus Oel 5 in Tab. 1 erhalten) in einem hellen Maschinenöle gewonnen. Bei einem an die vorstehenden Beobachtungen anknüpfenden Versuch zur quantitativen Pechbestimmung konnte mithin von vornherein nicht auf eine absolute Bestimmung des Pechgehaltes Anspruch erhoben werden, da immerhin noch, selbst bei zweckmäßigster Auswahl der anzuwendenden Mengen Oel und Lösungsmittel, geringe Mengen Pech gelöst bleiben können. Dagegen dürften die erhaltenen Vergleichszahlen, wie die Farbe der entpechten Oele zeigt, einen sehr erheblichen Theil des Gesammtpechgehaltes darstellen. Für die Abscheidung und eventl. quantitative Bestimmung der Peche sind ferner noch folgende Punkte zu beachten:

Die Oelmenge muß so bemessen werden, daß, wenn möglich, bei allen zu prüfenden Oelen noch zur Wägung hinreichende Mengen Pechniederschlag erhalten werden. Die anzuwendende Menge Alkohol-Aether muß hinreichend sein, um alles vorhandene Oel in Lösung zu bringen, aber in Rücksicht auf die theilweise Löslichkeit der Pechtheile in viel Alkohol-Aether nicht zu hoch bemessen werden. Wie bei den Asphaltbestimmungen mittelst Petroleumbenzin, empfiehlt es sich auch bei den Pechbestimmungen mittelst Alkohol-Aether die Lösungen vor dem Filtriren oder Dekantiren 1—2 Tage ruhig stehen zu lassen, da alsdann der größte Theil des Pechniederschlages sich fest an die Wandungen der Schüttelflasche angelegt hat. Auch ist es rathsam, in einem Raum mit nicht zu großen Wärmeschwankungen zu arbeiten, da die Löslichkeit der Peche in Alkohol-Aether von der Wärme beeinflußt wird.

Nach mehreren Vorversuchen wurde folgende Versuchsausführung, deren Fortbildung im Auge behalten wird, eingeschlagen:

1—2 ccm Oel werden in einem getheilten Gläschen abgemessen und mit 20—40 ccm Aether-Alkohol (4 : 3) in eine gut verschließbare Stöpselflasche gespült. Nach gehörigem Durchschütteln wird letztere 1—2 Tage der Ruhe überlassen. Das benutzte Meßgefäß, an dessen Wandungen häufig Pechreste haften, wird inzwischen aufbewahrt. Alsdann wird die Lösung des Oeles vorsichtig durch ein kleines Faltenfilter von 8—10 cm Durchmesser gegossen. Flaschen- und Filterinhalt werden nun mit Alkohol-Aether so lange nachgespült, bis eine Probe des Filtrats höchstens einen bei Zimmerwärme klebrigen, aber nicht mehr öligen Rückstand

[1]) Eine genaue Ermittlung der Beziehungen der Löslichkeit heller Mineralöle in Alkohol-Aether zu ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften und ihrer Herkunft dürfte nicht ohne Interesse sein.

hinterläßt. Wenn sich in der abfiltrirten Lösung nach 1tägigem Stehen noch ein merklicher Niederschlag absetzt, so wird dieser nochmals mit dem Hauptniederschlage zusammen filtrirt und ausgewaschen. Der gesammte in der Schüttelflasche, im Meßgefäß und an dem Filter verbliebene Pechniederschlag wird in möglichst wenig heißem Benzol gelöst, in eine geräumige Schale gebracht und hier, durch Erhitzen auf dem Wasserbade und Trocknen im Luftbade bei etwa 100 C° bis zum konstanten Gewicht, vom Benzol befreit.

Bei einigen Versuchen wurde, wie aus Tab. 1 zu ersehen ist, das Oel abgewogen. Hierbei wurde das Oel aus den Wiegegläschen in die Schüttelflasche gegossen, nachdem in diese die erforderliche Menge Alkohol-Aether eingefüllt worden war.

In Tab. 1 sind die Ergebnisse einer Reihe wie vorstehend an verschiedenen Oelen ausgeführter Bestimmungen mitgetheilt. Im Allgemeinen genügen etwa drei Einzelversuche zur Erzielung brauchbarer Vergleichswerthe. Große Mengen Oel zu den Bestimmungen anzuwenden, erscheint, wie z. B. auch Versuch 3 bei dem filtrirten russischen Oel 5 zeigt, nicht empfehlenswerth, weil alsdann die Möglichkeit vorhanden ist, daß das Pech zu viel Oel einschließt.

Für sehr dickflüssige bis salbenartige Cylinderöle, bei denen auch Erdwachs durch Alkohol-Aether ausgefällt werden kann, ist das Verfahren nicht ohne Weiteres verwendbar, wenn es auch hier, durch Erzielung annähernder Vergleiche des Pechgehaltes, ungefähre Aufschlüsse über den Charakter des Oeles geben kann.

Die in der Tab. 1 mit angeführten Bestimmungen des in Benzin unlöslichen Asphaltes zeigen, daß das früher ausgearbeitete Verfahren zur Asphaltbestimmung auch in den vorliegenden Fällen bei Anwendung eines gleichartig gearbeiteten Benzins zu scharfen Ergebnissen führt.

Je höher der Asphaltgehalt der Oele ist, um so größer ist auch gewöhnlich der Gehalt an in Benzin löslichem Pech, wie sich bei den deutschen Oelen zeigt.

Fällt man die in Benzin löslichen Peche durch Alkohol-Aether aus dem ursprünglichen Oel und nicht aus dem von Asphalt durch Benzin befreiten Oel, so fällt der in Benzin unlösliche Asphalt fast vollständig mit aus. Die aus der Alkohol-Aetherlösung alsdann gewonnenen Oele sind in leicht siedendem Benzin meist klar löslich oder setzen in dieser Lösung nur ganz geringe Mengen flockigen Bodensatz ab.

Ein dem Rohöl 7 ähnliches Rohöl von Hänigsen besaß 2,05 % in Benzin unlösliche Asphaltstoffe. Das von diesen Stoffen befreite Oel gab mit Alkohol-Aether einen sehr harten, erst gegen 100 C° erweichenden Pechniederschlag von 12,6 %, bezogen auf das ursprüngliche Oel.

Dieser Niederschlag gab, aus Benzollösung abgedampft, einen glänzenden schönen Lack und konnte durch fraktionirtes Lösen in Alkohol-Aether getrennt werden in 9 % eines fast asphaltartigen und 3,6 % eines weicheren, rothbraunen, fadenziehenden, in der Wärme öligen Niederschlages. Ganz ähnlich verhielt sich das Rohöl 7 von Wietze (Tab. 1). Sowohl die in Benzin unlöslichen Stoffe, als auch das durch Alkohol-Aether aus dem von Asphalt befreiten Oel ausgefällte harte Pech zeigten ein höheres spezifisches Gewicht als 1,0, während die weichen in viel Alkohol-Aether löslichen Peche dieser Oele ein zwischen 0,94 und 0,97 liegendes spezifisches Gewicht zeigten.

Die durch Alkohol-Aether von Pech und Asphalt befreiten Rohöle zeigten, wie oben erwähnt, ein ganz verändertes Aussehen gegenüber den ursprünglichen tiefbraunschwarzen Oelen. Sie waren in 5 mm dicker Schicht durchsichtig, im durchfallenden Licht braunroth,

Tabelle 1. Pech- und Asphaltbestimmungen in dunklen Mineralschmierölen und Rohpetrolen.

Nr. des Oeles	Art des Oeles	Durchsicht in 6 mm dicker Schicht	Spec. Gewicht bei 20 C°	Behandlung des Oeles vor dem Versuch	Prozentgehalt an in Alkohol-Aether (4:3) unlöslichem Pech		Prozentgehalt an in Benzin (bis 35° siedend) unlöslichem Asphalt		Zur Pechbestimmung mit Alkohol-Aether angewendete Menge ccm	
					Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Oel	Alkohol-Aether (zum Auflösen)
1	Russisches Mineralmaschinenöl (Destillat)	roth durchscheinend	0,904	keine	0,17 0,14	0,16	bis auf Spuren löslich	—	je 2	40
2	Russisches Eisenbahnöl	undurchsichtig	0,914	keine	4,83 4,39 4,72	4,65	—	—	2	40
3	Russisches Waggonöl	dgl.	0,909	keine	5,70 5,78 6,0 4,75 (7,7)	5,6	—	—	je 2 g je 2 ccm	40
4	Russisches Waggonöl	dgl.	0,904	keine	2,22 2,86 2,02 (3,85)	2,37	—	—	2 g je 2 ccm	40
5	Russisches Eisenbahnöl	dgl.	0,906	keine	5,5 5,4 5,6 5,9	5,6	0,84 0,73	0,80	je 2	40
					5,2 (6,1)	5,7	—	—	5	100
				bei Zimmerwärme filtrirt	2,9 2,4	2,7	0,26 0,29	0,28	2	40
					(4,9)	4,9			15	300
6	Oelheimer dickflüssiges Schmieröl	dgl.	0,926	keine	9,3 9,8 10,9 11,1 10,1 12,05	10,3	2,13 2,01	2,07	je 2 g	je 40
				bei Zimmerwärme filtrirt	10,1 12,1	11,1	1,90 2,01 2,22	2,07	je 1 g	je 20
7	sehr dickflüssiges Rohpetroleum von Wietze	dgl.	0,942	keine	15,7 15,1	15,4	—	—	je 2 g	je 40
				bei Zimmerwärme filtrirt und 8—10 Tage offen gestanden	16,8 14,3 14,3 15,1 15,7	15,1	—	—	je 1 g je 2 g	je 20 je 40

im auffallenden Licht schön grün gefärbt; in dünner Schicht ließen sich keinerlei feste Bestandtheile erkennen.

Das durch Alkohol-Aether (4 : 3) von Pech befreite russische Mineralschmieröl 5 (Tab. 1) war in 6 mm breiter Schicht mit blutrother Farbe klar durchscheinend; ließ man die Lösung dieses Oeles in der genannten Aether-Alkoholmischung offen stehen, so schied sich allmählich in Folge Verdunstung von Aether am Boden tiefbraunes Oel aus, während die darüber stehende Flüssigkeit klar und heller als vorher aussah. Nach dem Verjagen des Alkohol-Aethers hinterließ letztere, sorgfältig vom Bodensatz abgegossene Lösung, ein in 10 mm dicker Schicht mit tiefblutrother Farbe klar durchsichtiges Oel. Auch bei anderen dunklen Oelen konnten durch Verstärkung der Alkoholmenge in den alkoholisch-ätherischen Lösungen hellere Oele gewonnen werden. Die fraktionirte Lösung in Alkohol-Aethermischungen bietet somit eine Handhabe, die dunklen Oele zwecks weiterer Untersuchung in einzelne Gruppen von Bestandtheilen zu zerlegen.

Bei den russischen Mineralölen, wie überhaupt bei allen bedingungsgemäßen Eisenbahnölen, war die Konsistenz der in Benzin löslichen, durch Alkohol-Aether fällbaren Peche bei Zimmerwärme weichparaffin- bis wachsartig; im Gegensatz zu den mehr asphaltartigen Pechen aus den deutschen Schmierölen und Rohölen schmolzen diese Peche schon bei schwachem Erwärmen auf dem Wasserbade. Bei dem aus russischem Mineralschmieröl abgeschiedenen Pech wurde ein außerordentlich empfindliches elektrisches Verhalten bemerkt, wenn das Pech in dünne spiralig gedrehte Streifen geschnitten wurde.

Zwecks Klassifizirung der in dunklen Oelen vorkommenden Asphalt- und Pechharze wird kurz die Frage nach ihrer chemischen Zusammensetzung zu berühren sein.

Von den eigentlichen Harzen, welche entweder gänzlich oder zum mehr oder weniger großen Theil aus Säuren bestehen, unterscheiden sich die fraglichen Asphalte und Peche durch ihre neutrale Reaktion. Von dem als Zusatz zu Schmierölen einzig nach den bisherigen Erfahrungen in Frage kommenden Colophonium, dem Hauptvertreter der eigentlichen Harze, unterscheiden sie sich außerdem durch ihre Unlöslichkeit in 70prozentigem Alkohol. Die aus hannoverschen Roherdölen abgeschiedenen Asphalte und Peche sind bereits durch ihr hohes spez. Gewicht (über 1) und ihre hohe Schmelzbarkeit (über 100 oder nahe bei 100 C°) als typische Asphalte charakterisirt. Sowohl die Rohöle wie die darin enthaltenen Peche und das von ihnen abgeschiedene Oel waren schwefel- und stickstoffhaltig.

Während eine quantitative Analyse dieser Peche und Asphalte noch vorbehalten bleibt, wurden die flüssigen und festen Bestandtheile des russischen Mineralöls 5 (Tab. 1) schon jetzt näher untersucht, da diese Untersuchung wegen des später zu besprechenden eigenthümlichen physikalischen Verhaltens des Oeles sehr interessirte.

Die qualitative Vorprüfung des Oeles ergab die Anwesenheit von Stickstoff und Schwefelspuren. Ersterer wurde auch im Pechniederschlage deutlich nachgewiesen. Die hierauf vorgenommene quantitative Schwefelbestimmung im ursprünglichen Oel, einmal ausgeführt durch Eintragen einer gewogenen Stoffmenge in ein geschmolzenes Gemisch von Kalihydrat und Salpeter und Ueberführung der gebildeten Schwefelsäure in Baryumsulfat, das andere Mal durch Oxydation des Oeles mit Kaliumchlorat und rauchender Salpetersäure nach Kast und Lagai[1]) ergab in jedem Falle einen negativen Ausfall oder die Anwesenheit von Spuren Schwefel. Die Stickstoffbestimmung nach Dumas ergab Gegenwart von 0,5 % im ur-

[1]) „Dingl. polyt. Journ." 1894.

sprünglichen Oel und 0,6 % in dem mit Alkohol-Aether (4 : 3) ausgefällten Gemenge von Pech und Asphalt, doch dürfte letzterer Werth noch etwas zu reduziren sein, da trotz ganz langsam geführter Verbrennung der aufgefangene Stickstoff wenig brennbares Gas erkennen ließ.

Die Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Aschenbestimmungen lieferten die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 2.

Material aus russischem Mineralschmieröl 5		% Kohlenstoff		% Wasserstoff		% Asche (rothbraunes Eisenoxyd)		Summe der Mittelwerthe von Kohlenstoff und Wasserstoff	Gesammtsumme von Kohlenstoff, Wasserstoff und Asche
		Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel		
In Benzin unlöslicher Asphalt	Fällung 1	84,71	**84,44**	10,62	**10,74**	1,3	**1,35**	**95,18**	96,53
	„ 2	84,16		10,86		1,4			
In Benzin lösliches, durch Alkohol-Aether ausfällbares Pech	gefällt durch Alkohol-Aether (3 : 4)	84,19	**84,19**	12,06	**12,06**	—	—	**96,25**	—
	gefällt durch Alkohol-Aether (4 : 3)	85,75	**85,73**	12,26	**12,29**	0,3	**0,33**	**98,02**	98,35
		85,71		12,32		0,35			
Ursprüngliches Oel (heiß mit Chorcalcium filtrirt)		(86,54)	**86,23**	(12,89)	**12,70**	0	**0**	**98,93**	98,93
		86,12		12,67					
		86,34		12,72					
Mit Alkohol-Aether entharztes Oel	Alkohol-Aether (3 : 4)	86,05	**86,13**	12,78	**12,72**	0	**0**	**98,83**	98,83
		86,21		12,66					
	Alkohol-Aether (4 : 3)	86,54	**86,54**	12,66	**12,66**	0	**0**	**99,20**	99,20

Nach vorstehenden Versuchen bestehen also die Asphalt- und Pechstoffe in dem russischen Mineralschmieröl 2 im Wesentlichen aus sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen, in denen noch wenige Zehntel % Stickstoff gleichzeitig vorkommen. Je leichter sie schmelzbar sind, d. h. um so mehr sie sich in physikalischer Hinsicht dem Oele nähern, um so mehr nähern sie sich auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, d. h. dem Gehalt an Kohlenstoff-, Wasserstoff und Sauerstoff, den sauerstoffhaltigen, flüssigen Theilen des Oeles. Die mit alkoholärmerer Alkohol-Aethermischung (3 : 4) ausgefällten Peche stehen hinsichtlich ihres Wasserstoff- und Sauerstoffgehaltes zwischen den harten durch Benzin fällbaren Asphaltstoffen und den weicheren, durch Alkohol-Aether (4 : 3) fällbaren Pechen. Das spez. Gewicht des in Benzin unlöslichen Asphaltes lag zwischen 0,943 und 0,977, entsprechend seiner nicht sehr hoch (unter 100°) liegenden Schmelzbarkeit.

Auch bei den aus Wietzer und Hänigsener Rohölen gefällten harten und weichen Pechen dürfte sich, nach spezifischen Gewichten und Färbungen zu urtheilen, die chemische Zusammensetzung bei leichterer Schmelzbarkeit und Löslichkeit der Peche in Alkohol-Aether derjenigen der höchstsiedenden flüssigen Theile des Oeles nähern. Es wird später zu entscheiden sein, ob die Peche in diesen Oelen, wie es deren starke Schwefelreaktion vermuthen läßt, ähnlich dem Pechelbronner Asphalten nur aus geschwefelten Verbindungen bestehen.

Kayser hat bekanntlich sämmtliche von ihm untersuchten natürlichen Asphalte als schwefel-

haltige, sauerstofffreie Kohlenwasserstoffverbindungen erkannt[1]) und glaubte damit die Unrichtigkeit der allgemein verbreiteten Ansicht nachgewiesen zu haben, welche in dem Asphalt nur ein Oxydationsprodukt des Erdöls erblickt. Wie das Beispiel des russischen Oeles 2 zeigt und auch bei einem früher aus Erdöl abgeschiedenen Asphalt festgestellt wurde, kommen freilich im Erdöl auch sauerstoffhaltige schwefelfreie Asphalte vor, so daß man die Ansicht Kayſers nicht ohne Weiteres auf die Asphalte im Erdöle übertragen kann. Engler hält diese Körper ebenso wie die harzartigen Stoffe in den Erdölen für Produkte der oxydirenden Wirkung der Luft, über deren Natur allerdings noch völliges Dunkel herrsche.[2]) Ein neuerdings geprüfter, über 100° schmelzender Asphalt aus Mineralöl zeigte einen Schwefelgehalt von etwa 2 %.

Die vorstehend gestreifte Frage nach der chemischen Zusammensetzung der Asphalt- und Pechharze in den Erdölen kann bei den vorliegenden Untersuchungen, welche mehr praktischen Zwecken dienen sollen, naturgemäß nicht ein so großes Interesse beanspruchen, daher möge im Folgenden zunächst auf die Mengenverhältnisse und physikalischen Zustände, in denen die erwähnten Pech- und Asphaltstoffe sich in den Oelen finden, noch näher eingegangen werden.

Aiſinmann schließt aus dem geringen Sauerstoffgehalt der Mineralöle, daß der wirkliche Harzgehalt nur ein sehr geringer sein kann.[3]) Diese Ansicht ist, wie sowohl obige Beispiele als auch die Berechnung ergeben, nicht stichhaltig. Das ursprüngliche Oel 5 zeigt den sehr geringen Sauerstoffgehalt von etwa 0,5 %, das sauerstoffreichste darin gefundene Asphaltharz besitzt etwa 3,5 %, das sauerstoffärmste Pechharz 1,5 % Sauerstoff. Im Ganzen sind 5 % Asphalt-Pechharz, vom mittleren Sauerstoffgehalt 2 % zugegen, welche erst einen Gesammtsauerstoffgehalt von 0,1 % im ursprünglichen Oel repräsentiren. Erst wenn der Sauerstoffgehalt des Peches ein 4mal so großer ist wie bei den beschriebenen Pechen, würde er sich bei der Analyse des Oeles bemerkbar machen.

Das Wietzer Rohöl 7 zeigt einen Gehalt an schwer schmelzbarem Asphaltpech von etwa 15 %, es kann mithin ebenso wie das spezifisch schwere tiefbraune Oel von Hänigſen und andere Rohöle ähnlicher äußerer Beschaffenheit als Lösung von Asphaltpech in hochsiedenden Kohlenwasserstoffen angesehen werden. Daß der hohe Gehalt an Pech und Asphalt ebenso wie ein etwaiger Gehalt an Paraffin das leichte Erstarrungsvermögen dieser Oele wie der aus ihnen hergestellten Schmieröle verschuldet, ist einleuchtend. Ein in Oelheim hergestelltes sehr dickes Schmieröl (Nr. 6 in Tab. 1) von hohem Asphaltgehalt war im ursprünglichen Zustande bei 0° im Reagensglas erstarrt; nach dem Entpechen durch Alkohol-Aether (4 : 3) war es bei 0° bequem fließend; in 6 mm breiter Schicht war es klar, mit rothbrauner bis blutrother Farbe durchscheinend.[4]) Wie alle übrigen durch Alkohol-Aether entpechten ursprünglich theerig oder brenzlich riechenden Oele hatte auch dieses Oel nach völliger Vertreibung des Lösungsmittels einen kaum noch wahrnehmbaren Geruch.

Der frühere Befund, wonach die durch Benzin ausfällbaren Asphaltstoffe in dunklen Mineralölen nur gelöst vorkommen, kann nach der Auffindung von 0,5 % ungelösten Asphaltstoffen in dem neuerdings geprüften Oele 5 Tab. 1 nicht als allgemein maßgebend anerkannt

[1]) Untersuchungen über die natürlichen Asphalte mit besonderer Berücksichtigung ihrer photochemischen Eigenschaften Nürnberg 1879.

[2]) „Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleiß" 1887.

[3]) „Dingl. polyt. Journ." 1894 Bd. 294, Heft 3.

[4]) Der verdickende Einfluß, welchen die in Benzin löslichen Peche auf die Konsistenz der Oele ausüben, zeigte sich u. a. auch bei einer mit 35 ccm Oel ausgeführten Viskositätbestimmung eines hellen Mineralöls und des gleichen mit 2 % Pech versetzten Oeles. Erstere Probe gab 303,5 und 304,5 Sek., letztere Probe 324 und 326 Sek. Ausflußzeit bei 20 C°.

werden. In dem Oelheimer Oel 6 kommt der Asphalt freilich wie bei den früher untersuchten Proben nur in gelöstem Zustande vor.

Die durch Alkohol-Aether ausfällbaren, in Benzin löslichen Peche kommen nicht nur in gelöstem Zustande, sondern auch, wie das Beispiel bei Oel 5 zeigt, in erheblicher Menge (bis zu fast 3 %) ungelöst im Oel vor. Darum sei zur Berichtigung der bei früherer Gelegenheit geäußerten Ansicht hervorgehoben, daß die in dunklen Oelen häufig schwebenden festen Theilchen sowohl aus pechartigen bis asphaltartigen als auch aus paraffinartigen Stoffen bestehen können. (Der Nachweis der letzteren Stoffe neben den erstgenannten läßt sich mangels einer geeigneten Methode einstweilen noch nicht führen.) Entsprechend diesem Standpunkte kann auch die Möglichkeit zugegeben werden, daß bei früheren Versuchen mit paraffinhaltigen Oelen[1]) sowohl die einen, als auch die anderen der genannten festen Stoffe die Träger der früher wiederholt erwähnten Aenderungen der Flüssigkeitgrade dunkler Mineralöle bei Zimmerwärme[2]) sein können. Schließlich soll noch unter Hinweis auf eine demnächst erscheinende Abhandlung und frühere Versuche über den sogen. Kältepunkt dunkler Mineralschmieröle[3]) hervorgehoben werden, daß dunkle Mineralöle, welche Pechtheilchen ꝛc. schwebend enthalten, in recht erheblichem Maße durch Wärmeeinflüsse auch Aenderungen ihres Gefrierpunktes erleiden können.

Die Beziehungen des Pechgehaltes der dunklen Oele zu ihrem Verharzungsvermögen werden weiter unten erläutert werden.

Zunächst sei gezeigt, daß auch auf einem anderen, wie dem bisher geschilderten Wege erhebliche Mengen Harzprodukte aus Mineralschmierölen abgeschieden werden können.

b. Die in 70prozentigem Alkohol löslichen Harze.

Von den schon früher untersuchten bekannten Harzen wie Colophonium, Dammarharz, Copal, Bernstein ꝛc., über welche wir u. a. eine ausführliche Monographie von Schmidt und Erban[4]) besitzen, kommt nach den bis dahin vorliegenden Erfahrungen als einziger künstlicher Zusatz zu Mineralschmierölen das Colophonium in Betracht. Dieses Harz ist in 70prozentigem Alkohol beim schwachen Erwärmen löslich und völlig säureartiger Natur. Daher kann auf seine Abwesenheit in einem Oel wie übrigens auch diejenige der anderen zuletzt erwähnten, mehr oder weniger freie Harzsäure enthaltenden eigentlichen Harze geschlossen werden, wenn das Oel säurefrei befunden wird. Bei säurehaltigen Mineralölen wurde nun früher zum Nachweis von Colophonium oder eines ähnlichen Harzes zunächst Auskochen der Probe mit 70prozentigem Alkohol vorgenommen.[5]) Sofern der nach dem Abkühlen der Mischung abfiltrirte alkoholische Auszug nach dem Verdunsten des Alkohols einen Harzrückstand hinterließ, wurden die näheren Eigenschaften des Rückstandes, sein Verhalten zu Bleizuckerlösung, zu Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure ꝛc. geprüft, um event. die Gegenwart von Colophonium zu erweisen. In einem Falle wurde ein erheblicher Gehalt an festem Harz durch die Löslichkeitsprobe mit 70prozentigem Alkohol in einem angeblich reinen Mineralöl nachgewiesen und auch vom Lieferanten des Oeles später zugegeben. In einem anderen Fall fanden sich erhebliche Mengen Harz in einem harzölhaltigen Mineralöl. Ersteres Oel enthielt 0,64 % freie

[1]) „Mittheilungen" 1893. S. 61.
[2]) desgl. 1891. S. 100.
[3]) desgl. 1892. S. 126.
[4]) „Monatshefte für Chemie" 1886.
[5]) Diese Probe empfiehlt Benedikt zur Erkennung von Colophonium in Fetten „Analyse der Fette und Wachsarten" 1892.

Säure, berechnet als Schwefelsäureanhydrid, entsprechend etwa 6 % Harz als Colophonium berechnet, doch konnte die Charakterisirung des letzteren wegen ungenügender Schärfe der Farbenreaktionen nicht mit Sicherheit erfolgen. Das spezifische Gewicht des Oeles war 0,921 bei 20 C°, also außergewöhnlich hoch.

Bei Ausführung von zahlreichen Prüfungen auf Harz in Mineralölen zeigte sich nun, daß ein positiver Befund an harzartigen in 70prozentigem Alkohol löslichen Stoffen keineswegs immer auf einen künstlichen Harzzusatz zurückgeführt werden kann.[1]) Während nämlich reine fette Oele, wie Rüböl, Baumöl, Knochenöl ꝛc., an 70prozentigen Alkohol höchstens Spuren von Oel, aber in keinem Falle harzartige Bestandtheile abgeben, zeigten sich bei unverfälschten Mineralölen in mehreren Fällen merkliche Mengen (bis zu 3 %) in 70prozentigem Alkohol löslicher Harze von der äußeren spröden Beschaffenheit des Colophoniums. Geringe Mengen derartiger Stoffe von ausgesprochenem Harzcharakter (bis zu 0,6 %) ließen sich auch aus einzelnen völlig neutral reagirenden hellen Mineralölen extrahiren.

Ueber die aus verschiedenen Mineralschmierölen zu gewinnenden Mengen dieser Harzkörper und deren besondere Eigenschaften sind in der tabellarischen Uebersicht 3 nähere Angaben enthalten.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse einiger qualitativer Versuche, betreffend die ungefähren Mengen und Eigenschaften in 70prozentigem Alkohol löslicher Harzstoffe, zusammengestellt. Die Ausdrücke „geringe" oder „sehr geringe" Mengen dürften etwa mehreren Zehnteln bis 1 %, die Bezeichnung, merkliche Mengen 1 bis 3 % Harz entsprechen, wie solche in den Oelen 8—13 in Tabelle 3 gefunden wurden.

Wie die Asphalt- und Pechharze sind auch die in 70prozentigem Alkohol löslichen Harze in Benzol sämmtlich leicht löslich. Die Lösungen in Benzol hinterlassen nach dem Verdunsten des letzteren wie die entsprechenden Lösungen der übrigen Harze lackartige, mehr oder weniger harte Rückstände. Letztere sind im Gegensatz zu den tiefdunklen Asphalten und Pechen in 2 mm dicker Schicht meist noch braungelb und durchsichtig. Nur das aus Oel 12 abgeschiedene Harz ist in dünner Schicht tiefbraun, in dickerer Schicht pechartig schwarz gefärbt.

In Petroläther sind die fraglichen Harze von verschiedener Löslichkeit, die einen lösen sich vollständig darin auf, die anderen sind mehr oder weniger unvollkommen in Petroläther löslich und bilden, mit dem Lösungsmittel geschüttelt, oftmals gelblichweiße bis braungelbe flockige Niederschläge. In Alkohol-Aether (4 : 3) und (3 : 4) sind die in 70prozentigem Alkohol löslichen Harze, wie dies nicht anders zu erwarten ist, völlig löslich. Mit Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,530 trat bei keinem der untersuchten Harze die charakteristische Colophoniumreaktion, nämlich Rothviolettfärbung ein, bei den meisten wurde gelblich braune, bis tiefschmutzigbraune Färbung erhalten. Trotzdem stehen mehrere der fraglichen Harze dem Colophonium, abgesehen von ihrer physikalischen Beschaffenheit, wegen ihrer säureartigen Beschaffenheit und ihrer Fähigkeit, schäumende Seifen zu bilden, nahe. Andere von ihnen zeigen völlig neutrale Beschaffenheit. Der saure Charakter einzelner Harze zeigt sich in dem auffälligen Rückgang des Säuregehalts der betreffenden Oele nach mehrfacher Ausschüttelung mit 70prozentigem Alkohol.

Nach den Versuchen in Tab. 3 kann das Extraktionsverfahren mit 70prozentigem Alkohol zunächst nur, wie dies auch ursprünglich vorgesehen war, zur qualitativen Erkennung harziger Bestandtheile oder zu deren annähernder quantitativer Vergleichung dienen. Zur genauen quanti-

[1]) In den amtlichen Prüfungszeugnissen wurde im Einklang mit diesen Thatsachen bei positivem Befund von Harzstoffen immer nur „die Gegenwart, nicht aber ein Zusatz von harzartigen Stoffen" bescheinigt.

Untersuchung der durch heißes Ausschütteln der Oele mit 70prozentigem Alkohol gewonnenen Extractharze.

Tabelle 3.

Nr. der Oele			6	7	8	9	10	11		12		13
Aeußere Eigenschaften des Oeles (im Reagensglas) und Verwendungszweck			leichtflüssig, klar durchsichtig, bräunlichgelb fluorescirend, geruchlos	leichtflüssig, klar durchsichtig, bräunlichgelb fluorescirend, geruchlos. Motorenöl	undurchsichtig, grünlichschwarz, süßlicher Geruch. Wagenschmieröl	undurchsichtig. Wagenschmieröl	dickflüssig, grünlichschwarz, undurchsichtig	sehr dickflüssig, klar durchscheinend, bräunlichroth, süßlicher Geruch, schwach fluorescirend		sehr dickflüssig, undurchsichtig		undurchsichtig, braunschwarz, dickflüssig. Geruch nach russischem Mineralöl
Sonstige Bemerkungen über das benutzte Oel			—	—	Eisenbahnöl	Eisenbahnöl	Eisenbahnöl	in der Versuchsanstalt aus russischem Roherdöl destillirt		Galizisches Mineralöl		Russisches dunkles Destillat
Säuregehalt des Oeles (Prozent), berechnet als Schwefelsäureanhydrid			säurefrei	säurefrei	0,21	0,15	0,18	0,014		0,03		0,53
Angewendete Oelmenge			30	30	30	30	30	10	5	5	5	5
Anzahl der bei den verschiedenen Ausschüttelungen benutzten ccm 70prozentigen Alkohols			3 × je 30	3 × je 30	4 × je 30	3 × je 30	3 × je 30	4 × je 15	5 × je 20	5 × je 20	5 × je 20	3 × je 20
Extraktmengen bei den einzelnen Ausschüttelungen g		1	0,03	0,05	0,25	0,19	0,26	0,070	0,065	0,038	0,041	0,051
		2	0,03	0,02	0,28	0,12	0,20	0,046	0,035	0,043	0,041	0,049
		3	0,02	0,03	0,23	0,09	0,14	0,026	0,023	0,032	0,031	0,028
		4	—	—	0,11	—	—	0,032	0,017	0,028	0,027	—
		5	—	—	—	—	—	—	0,016	0,018 [1]	0,021 [2]	—
Gesammtextraktmenge in Prozenten des angewendeten Oeles			0,29	0,52	3,21	1,47	>2,22	>1,93	>3,3	>3,5	>3,6	>1,5
Eigenschaften der extrahirten Harze	Aeußere Eigenschaften	bei Zimmerwärme	röthlichbraun, hart wie Colophonium, geruchlos	röthlichbraun, wie Wachs, klebrig, geruchlos, 3ter Extrakt ziemlich weich	klebrig, fadenziehend, riecht harzig, 3ter Extrakt ziemlich weich	klebrig, fadenziehend, riecht harzig, 3ter Extrakt ziemlich weich	klebrig, fadenziehend, riecht harzig	röthlichgelbbraun, sehr hart	röthlichgelbbraun, sehr hart	tiefbraun, hart		1ter Extrakt ziemlich hart, braungelb, 2ter ölig, klebrig, 3ter ölig
		beim Erhitzen auf dem Wasserbad	dickklebrig, geruchlos	geruchlos, dickölig	etwas weicher, fadenziehend	etwas weicher, fadenziehend	dickölig, wenig fadenziehend	weich	weich	weich	weich	weich
	Löslichkeit beim Schütteln oder Verreiben mit	bis 50 C° siedendem Benzin	starker Niederschlag, harzige Masse bleibt ungelöst	starker Niederschlag, harzige braune Masse bleibt ungelöst	klar löslich	giebt starken schmutzigbraungelben Niederschlag	bis auf Spuren löslich	giebt starken Niederschlag, dunkle harzige Masse bleibt ungelöst		starker Niederschlag		völlig löslich, ebenso in bis 35° siedendem Benzin
		Benzol	Sämmtlich klar oder bis auf Spuren löslich									
		alkoholischer n/10 Normalnatronlauge	keine erhebliche Einwirkung bemerkbar	keine erhebliche Einwirkung bemerkbar	zum großen Theil löslich, Lösung schäumt stark beim Schütteln	wie bei 8	wie bei 8	keine erhebliche Einwirkung bemerkbar		keine erhebliche Einwirkung bemerkbar		zum großen Theil löslich, schäumt stark beim Schütteln
Säuregehalt des extrahirten Oeles, berechnet als Schwefelsäureanhydrid			säurefrei	säurefrei	0,05	0,08	0,11	0,007		—		0,09
Sonstige Bemerkungen								[1]) 6te Ausschüttelung 0,016. [2]) 6te Ausschüttelung 0,016.				

Tabelle 4.

Nr. des Oeles	Aeußere Beschaffenheit des Oeles, Verwendungszweck	Menge des Extraktes geschätzt	Aeußere Eigenschaften des Extraktes	Löslichkeit des extrahirten Harzes in		Sonstige Beobachtung
				Petroleumbenzin	Benzol	
14	helles Oel für schwere Maschinen, mit geringen Mengen fettem Oel	gering	ölig, sehr schwach klebrig	fast völlig löslich	Sämmtlich klar oder bis auf Spuren löslich	
15	helles Oel für schwere Maschinen, reines Mineralöl	gering	ölig bis klebrig	desgl.		
16	desgl.	sehr gering	klebrig	—		
17	helles, mäßig leichtflüssiges Motorenöl	gering	weich harzig	völlig löslich		
18	farbloses sog. Paraffinöl	sehr gering	ölig	desgl.		
19	sehr leichtflüssiges Spindelöl, hellgelb	—	ölig, wenig klebrig, starker bituminöser Geruch	desgl.		
20	helles Motorenöl der Versuchsanstalt	gering	weich harzig	z. Th. unlöslich		
21	russisches dunkles Destillat, Wagenschmieröl	merklich	desgl.	—		
22	desgl. und zu schweren Maschinen	merklich	ölig klebrig	—		
23	undurchsichtiges Wagenschmieröl	gering	ölig, schwach klebrig	mit schwacher Trübung löslich		
24	desgl.	sehr gering	ölig bis klebrig	fast völlig klar löslich		
25	elsässisches Rohöl	gering	klebrig	z. Th. unlöslich		
26	russisches Rohöl	desgl.	desgl	zum erheblichen Theil unlöslich		mit alkoholischer n/10 Natronlauge emulgirbar und schäumend
27	galizisches Rohöl	desgl.	harzig klebrig	z. Th. unlöslich		

tativen Trennung von Harz und Oel bedarf es noch weiterer Ausbildung, da in einigen Fällen selbst bei sechsmaligem Ausschütteln des Oeles mit größeren Mengen Alkohol noch keine vollständige Abscheidung des Harzes erzielt werden konnte, und bei anderen Oelen anscheinend geringe, aber merkliche Mengen (einige Zehntel %) Oel bei der zweiten und dritten Ausschüttelung mit gelöst wurden.

Was das Vorkommen der in 70prozentigem Alkohol löslichen Harze in den verschiedenen Arten von Mineralölen anbetrifft, so finden sich diese Harze vereinzelt sowohl in den gefärbten destillirten Mineralschmierölen als auch in den Roherdölen und dunklen Wagenschmierölen. Ihre Entstehung kann bei einigen auf bloße Oxydation von Erdölbestandtheilen durch die atmosphärische Luft, bei anderen auf Oxydation durch Luft und konzentrirte Schwefelsäure während

Tabelle 5. Veränderungen von Mineralölen

	Lfd. Nr. der Oele	Verwendungszweck und äußere Beschaffenheit des Oeles	Flüssigkeitgrad n. Engler bei 20 C° (Wasser = 1)	Spezifisches Gewicht bei 20 C°	Flammpunkt C° P = Apparat Pensky, T = Offener Tiegel	Säuregehalt in % berechnet als Schwefelsäure anhydrid	Ungefähre Menge und Beschaffenheit des mit 70 proz. Alkohol erhaltenen Auszuges	Sonstige Beobachtungen
Im 15 mm weiten Reagensglase klar durchsichtige Oele	1	farbloses sog. Paraffinöl	5,9	0,866	158 P	säurefrei	sehr gering ölig	bei −10 C° im Reagensglase klar, bei −20 C° leicht fließend, schwach getrübt
	2	röthlich-braungelbes fluorescirendes Motorenöl, amerikanisch	11,3	—	—	säurefrei	merklich weich, harzig	—
	3	= Oel 2, mit 70 proz. Alkohol entharzt	—	—	—	säurefrei	—	—
	4	russisches röthlich-braungelbes Maschinenöl für schweren Betrieb	27,6	0,904	138 P	säurefrei	sehr gering, ölig bis sehr schwach klebrig	steigt im 6 mm weiten U-rohr [1]) bei −12° 18 mm, bei −15° 9 mm an
	5	helles Maschinenöl für schweren Betrieb	bei 15 C° 66,4	0,899	206 P	säurefrei	Spuren ölig	—
	6	desgl.	38,9	0,903	190 P	säurefrei	gering klebrig	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −10° 12 mm, bei −15° 0 mm an
	7	desgl.	35,0	0,903	195 P	0,02	sehr gering ölig	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −10° 11 mm, bei −15° 0 mm an
	8	desgl.	42,9	0,905	187 P	säurefrei	gering harzig	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −12° 10 mm, bei −15° 5 mm an
	9	helles Maschinenöl	—	—	—	—	äußerst gering ölig bis schwach klebrig	—
	10	russisches röthlich-braungelbes Maschinenöl für schweren Betrieb	bei 50 C° 6,2	0,904	186 P	säurefrei	sehr gering fettig klebrig	bei −10° im Reagensglase sehr langsam fließend
	11 = Nr. 11 in Tab. 3	in der Versuchsanstalt aus russischem Erdöl destillirt, rothbraun	105,7	0,912	—	0,03	merklicher harter Auszug	—
Dunkle im 6 mm weiten Glase undurchsichtige Oele	12	russisches Waggonschmieröl	45,5	0,906	176 T	0,11	gering ölig	enthält 5 % Pech einschließlich Asphalt
	13	Waggonschmieröl	46,0	0,906	173 T	0,10	gering ölig bis schwach klebrig	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −15° etwa 10 mm an
	14	Waggonschmieröl	37,0	0,907	164 T	0,18	gering ölig	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −15° über 10 mm an
	15	Waggonschmieröl	37,6	0,908	170 T	0,15	gering klebrig, fest	steigt im 6 mm weiten U-rohr bei −15° in 1 Min. etwa 10 mm an
	16	Vulkanöl	30,6	0,935	163 P	0,93	merklich klebrig	bei −5° im Reagensglase sehr schwer fließend, bei −15° nicht fließend

[1]) Bei den Versuchen im U-rohr wurde das Oel stets 1 Minute lang einem Druck von 50 mm Wassersäule zur Prüfung

beim Erhitzen in dünner Schicht.

Beschaffenheit der Oelschicht nach dem Erhitzen auf							
50 C°				100 C°			
Dauer der Erhitzung in Stunden							
90	140	190	300	35	70	120	300
fast völlig verflüchtigt, Spur ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	bis auf Spuren verflüchtigt	völlig verflüchtigt	—	—
sehr viel verflüchtigt, merklich dickflüssiger	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—
sehr viel verflüchtigt, unverändert	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	wie vorher	—	fast ganz verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	—
unverändert ölig	unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum großen Theil verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	—
viel verflüchtigt, unverändert ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	wie vorher	zum großen Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—
unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	—	—	—	—
unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	—	—	—	—
unverändert ölig	—	ein Theil verflüchtigt, ölig	größtentheils verflüchtigt, ölig	—	größtentheils verflüchtigt ölig	—	—
rein ölig, etwas verflüchtigt	—	rein ölig, sehr viel verflüchtigt	—	—	—	—	—
viel verflüchtigt, sonst unverändert ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	größtentheils verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	—
wenig verflüchtigt, unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, sehr dickflüssig	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	sehr schwer beweglich	klebrig
sehr erheblich dickflüssiger bis sehr schwach klebrig	erheblich dickflüssiger, schwach klebrig	erheblich dickflüssiger, schwach klebrig	meist verflüchtigt, sonst wie vorher	—	—	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	wie vorher	wie vorher	viel verflüchtigt, ölig	fast ganz eingetrocknet	fast ganz eingetrocknet, lauwarm ölig	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, erheblich dickflüssiger	wie vorher	meistens verflüchtigt, ölig	sehr schwer beweglich bis schwach klebrig	wie vorher	wie vorher	sehr viel verflüchtigt, sehr schwer beweglich bis schwach klebrig
sehr erheblich dickflüssiger	wenig dickflüssiger	viel verflüchtigt, wenig dickflüssiger	viel verflüchtigt, dickflüssig bis klebrig	schwer beweglich	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	wie vorher	175 Stunden viel verflüchtigt, fast ganz fest, warm desgl.

des Fließvermögens ausgesetzt.

der Raffination zurückzuführen sein. Ueber letztere Frage dürften Versuche mit harzfreien Oelen Aufschluß geben. Nach Zaloziecki gestattet[1]) die von ihm gemachte Entdeckung der Terpene im Erdöl eine Erklärung mannigfacher Erscheinungen, so des Verpechens und Verharzens. Als einfachste Ursache dieser Erscheinung nimmt er, im Einklang mit den früher von Krämer und Böttcher ausgesprochenen Vermuthungen, eine Polymerisation und Oxydation der Terpenbestandtheile an, welche bei dieser Umwandlung Colophon und den eigentlichen Harzen nahestehende Körper bilden müssen.

Nachdem es nunmehr gelungen ist, mit neutralen Lösungs- und Fällungsmitteln, wie Alkohol-Aether und Benzin, eine Reihe, z. T. dem Colophonium und eigentlichen Harzen nahestehender Harze und Peche aus reinen Erdölen abzuscheiden, dürfte eine eingehendere chemische Untersuchung dieser Produkte zur Weiterverfolgung des Zalozieckischen Befundes von Interesse sein.

2. Die Beziehungen zwischen Harzgehalt und Verharzungsfähigkeit der Mineralöle.

Im Vorstehenden ist gezeigt worden, daß der Gehalt an ausgesprochen harzartigen Körpern in verschiedenen Sorten reiner Mineralöle keineswegs so gering ist, wie man bisher anzunehmen geneigt war. Auch ist es sehr wahrscheinlich, daß neben den nach obigem Verfahren zu extrahirenden Harzen noch weitere Mengen dieser Stoffe, zu deren Abscheidung es freilich vorläufig noch an einem geeigneten Verfahren fehlt, in den gefärbten Mineralölen vorhanden sind.

Unter den obwaltenden Umständen hat die Frage, in wie weit die bisher aufgefundenen Harze eine wirkliche Verharzung von Mineralölen veranlassen können, ein besonderes Interesse; sie ist daher einer umfassenderen Untersuchung unter Berücksichtigung der Eingangs erwähnten Gesichtspunkte — d. h. sehr langer Zeitdauer der Ausbreitung der Oele und Anwendung verschiedener Wärmegrade — unterzogen worden (siehe die nachfolgenden Tab. 5 bis 7).

Zu den in Tab. 5 und 6 mitgetheilten Beobachtungen wurden die Oele (je 1 Tropfen) auf Glasplatten verrieben und der Einwirkung der Luft bei 50 C° und 100 C° lange Zeit ausgesetzt. Die tägliche Erhitzungsdauer betrug etwa 7 Stunden. Von einem Tage bis zum nächstfolgenden lagen die Platten bei Zimmerwärme.

Bei diesen Versuchen zeigte sich, daß sich sämmtliche hellen Oele, auch das mehrere Prozente alkohollösliches Harz enthaltende Oel Nr. 11, nach langem, d. h. 90stündigen bis 300stündigen Erhitzen bis auf einen zurückbleibenden öligen Hauch verflüchtigten. Ein ausgesprochenes Klebrig- oder Dickerwerden war in keinem Falle bei derartigen Oelen zu bemerken. Es zeigte sich aber auch, daß sich die schwerflüssigen, hochentflammbaren hellen Maschinenöle am wenigsten, die leichtflüssigen hellen Spindelöle am ehesten verflüchtigten. Vergleichsproben, welche bei Zimmerwärme längere Zeit der Luft ausgesetzt waren, zeigten bei sämmtlichen hellen Oelen auch nach mehrmonatlichem Stehen keine wahrnehmbaren Veränderungen.

Während nach vorstehenden Beobachtungen die hellen Mineralöle als nicht verharzend anzusehen wären, auch wenn dieselben bis zu 3 % natürlicher fester Harze enthalten, zeigten anderweitige Beobachtungen, daß diese Ansicht wohl nur für Oele mit geringem Harzgehalt gelten dürfte und daß eine weitere Ausbildung der Beobachtungsverfahren erwünscht ist. So zeigte z. B. das an alkohollöslichem Harz ziemlich reiche röthliche Destillat 11 (Tab. 5) im Gegen-

[1]) „Dingl. polyt. Journ." 1894, **293**, 5, 114. „D. chem. Ges.-Ber." 1894, **27**, 2081.

beim Erhitzen in dünner Schicht.

Beschaffenheit der Oelschicht nach dem Erhitzen auf							
50 C°				100 C°			
Dauer der Erhitzung in Stunden							
90	140	190	300	35	70	120	300
fast völlig verflüchtigt, Spur ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	bis auf Spuren verflüchtigt	völlig verflüchtigt	—	—
sehr viel verflüchtigt, merklich dickflüssiger	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—
sehr viel verflüchtigt, unverändert	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	wie vorher	—	fast ganz verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	—
unverändert ölig	unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum großen Theil verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	—
viel verflüchtigt, unverändert ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	wie vorher	zum großen Theil verflüchtigt, ölig	wie vorher	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—
unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	—	—	—	—
unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	—	—	—	—
unverändert ölig	—	ein Theil verflüchtigt, ölig	größtentheils verflüchtigt, ölig	—	größtentheils verflüchtigt ölig	—	—
rein ölig, etwas verflüchtigt	—	rein ölig, sehr viel verflüchtigt	—	—	—	—	—
viel verflüchtigt, sonst unverändert ölig	zum größten Theil verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	—	größtentheils verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	—
wenig verflüchtigt, unverändert ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	viel verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, ölig	bis auf Spuren verflüchtigt, öliger Hauch	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, sehr dickflüssig	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	sehr schwer beweglich	klebrig
sehr erheblich dickflüssiger bis sehr schwach klebrig	erheblich dickflüssiger, schwach klebrig	erheblich dickflüssiger, schwach klebrig	meist verflüchtigt, sonst wie vorher	—	—	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	wie vorher	wie vorher	viel verflüchtigt, ölig	fast ganz eingetrocknet	fast ganz eingetrocknet, lauwarm ölig	—	—
sehr erheblich dickflüssiger	viel verflüchtigt, erheblich dickflüssiger	wie vorher	meistens verflüchtigt, ölig	sehr schwer beweglich bis schwach klebrig	wie vorher	wie vorher	sehr viel verflüchtigt, sehr schwer beweglich bis schwach klebrig
sehr erheblich dickflüssiger	wenig dickflüssiger	viel verflüchtigt, wenig dickflüssiger	viel verflüchtigt, dickflüssig bis klebrig	schwer beweglich	schwer beweglich, sehr schwach klebrig	wie vorher	175 Stunden viel verflüchtigt, fast ganz fest, warm desgl.

des Fließvermögens ausgesetzt.

der Raffination zurückzuführen sein. Ueber letztere Frage dürften Versuche mit harzfreien Oelen Aufschluß geben. Nach Zaloziecki gestattet[1]) die von ihm gemachte Entdeckung der Terpene im Erdöl eine Erklärung mannigfacher Erscheinungen, so des Verpechens und Verharzens. Als einfachste Ursache dieser Erscheinung nimmt er, im Einklang mit den früher von Krämer und Böttcher ausgesprochenen Vermuthungen, eine Polymerisation und Oxydation der Terpenbestandtheile an, welche bei dieser Umwandlung Colophon und den eigentlichen Harzen nahestehende Körper bilden müssen.

Nachdem es nunmehr gelungen ist, mit neutralen Lösungs- und Fällungsmitteln, wie Alkohol-Aether und Benzin, eine Reihe, z. T. dem Colophonium und eigentlichen Harzen nahestehender Harze und Peche aus reinen Erdölen abzuscheiden, dürfte eine eingehendere chemische Untersuchung dieser Produkte zur Weiterverfolgung des Zalozieckischen Befundes von Interesse sein.

2. Die Beziehungen zwischen Harzgehalt und Verharzungsfähigkeit der Mineralöle.

Im Vorstehenden ist gezeigt worden, daß der Gehalt an ausgesprochen harzartigen Körpern in verschiedenen Sorten reiner Mineralöle keineswegs so gering ist, wie man bisher anzunehmen geneigt war. Auch ist es sehr wahrscheinlich, daß neben den nach obigem Verfahren zu extrahirenden Harzen noch weitere Mengen dieser Stoffe, zu deren Abscheidung es freilich vorläufig noch an einem geeigneten Verfahren fehlt, in den gefärbten Mineralölen vorhanden sind.

Unter den obwaltenden Umständen hat die Frage, in wie weit die bisher aufgefundenen Harze eine wirkliche Verharzung von Mineralölen veranlassen können, ein besonderes Interesse; sie ist daher einer umfassenderen Untersuchung unter Berücksichtigung der Eingangs erwähnten Gesichtspunkte — d. h. sehr langer Zeitdauer der Ausbreitung der Oele und Anwendung verschiedener Wärmegrade — unterzogen worden (siehe die nachfolgenden Tab. 5 bis 7).

Zu den in Tab. 5 und 6 mitgetheilten Beobachtungen wurden die Oele (je 1 Tropfen) auf Glasplatten verrieben und der Einwirkung der Luft bei 50 C° und 100 C° lange Zeit ausgesetzt. Die tägliche Erhitzungsdauer betrug etwa 7 Stunden. Von einem Tage bis zum nächstfolgenden lagen die Platten bei Zimmerwärme.

Bei diesen Versuchen zeigte sich, daß sich sämmtliche hellen Oele, auch das mehrere Prozente alkohollösliches Harz enthaltende Oel Nr. 11, nach langem, d. h. 90stündigen bis 300stündigen Erhitzen bis auf einen zurückbleibenden öligen Hauch verflüchtigten. Ein ausgesprochenes Klebrig- oder Dickerwerden war in keinem Falle bei derartigen Oelen zu bemerken. Es zeigte sich aber auch, daß sich die schwerflüssigen, hochentflammbaren hellen Maschinenöle am wenigsten, die leichtflüssigen hellen Spindelöle am ehesten verflüchtigten. Vergleichsproben, welche bei Zimmerwärme längere Zeit der Luft ausgesetzt waren, zeigten bei sämmtlichen hellen Oelen auch nach mehrmonatlichem Stehen keine wahrnehmbaren Veränderungen.

Während nach vorstehenden Beobachtungen die hellen Mineralöle als nicht verharzend anzusehen wären, auch wenn dieselben bis zu 3 % natürlicher fester Harze enthalten, zeigten anderweitige Beobachtungen, daß diese Ansicht wohl nur für Oele mit geringem Harzgehalt gelten dürfte und daß eine weitere Ausbildung der Beobachtungsverfahren erwünscht ist. So zeigte z. B. das an alkohollöslichem Harz ziemlich reiche röthliche Destillat 11 (Tab. 5) im Gegen-

[1]) „Dingl. polyt. Journ." 1894, **293**, 5, 114. „D. chem. Ges.-Ber." 1894, **27**, 2081.

Tabelle 8. **Verharzungsversuche mit Hänigsener Rohöl bis 50 C°.**
(Je 1 Tropfen Oel auf Glasplatte verrieben.)

Behandlung des Oeles			Zeitdauer der Erhitzung in Stunden			
			21	42	70	300
Keine	Konsistenz	Zimmerwärme	stark klebrig	klebrig fest	—	—
		40–50°	ölig	stark klebrig	—	—
mit Benzin von Asphalt befreit		Zimmerwärme	stark klebrig	klebrig	klebrig fest	—
		40—50°	ölig	klebrig, wenig ölig	klebrig fest	—
mit Benzin von Asphalt und mit Alkohol-Aether von Pech befreit		Zimmerwärme	mäßig stark klebrig	klebrig	klebrig fest	klebrig fest
		40—50°	ölig	dickölig	dickölig	dickölig

das auf 50 C° erhitzte nicht entpechte Oel auch in der Wärme klebrig feste Beschaffenheit zeigt, erklärt sich aus dem Zurückbleiben der in dem Oel noch vorhandenen sehr hoch schmelzbaren Peche. In Folge Entfernung der letzteren zeigt das entpechte Oel eine im warmen Zustande ölige Konsistenz; die bei Zimmerwärme immerhin noch klebrig feste Beschaffenheit dieses Oeles weist auf die Gegenwart von durch Alkohol-Aether nicht mehr abscheidbaren Harzen hin. Auch muß bei dem Pechreichthum des ursprünglichen Oeles die Möglichkeit zugegeben werden, daß leicht oxydirbare Theile in dem Oel vorhanden sind.

Das Wietzer Rohöl 7 (in Tab. 1) war nach 7tägigem Stehen in dünner Schicht bei Zimmerwärme stark klebrig bis fest geworden, während dasselbe Oel, mit Alkohol-Aether entpecht, in der gleichen Zeit nur dickölige Beschaffenheit angenommen hatte. Auf 50 C° 35 Stunden lang erhitzt, nahm das ursprüngliche Oel eine im lauwarmen Zustande klebrige, bei Zimmerwärme feste Beschaffenheit an, das entpechte Oel zeigte im lauwarmen Zustande ölige, bei Zimmerwärme klebrige Beschaffenheit. Außerdem war der Oelrückstand auf der Platte nach dem Erhitzen bei dem entpechten Oele ein weit geringerer als bei dem ursprünglichen Oel.

Ein ähnliches Verhalten wie die entpechten Rohöle Hänigsen und Wietze zeigt das den Eisenbahnbedingungen vollständig entsprechende Waggonöl 14 in Tab. 5, welches nach 70stündigem Erhitzen auf 100 C° in dünner Schicht bei Zimmerwärme fast ganz eingetrocknet, im lauwarmen Zustande aber ölig erscheint.

Offenbar bleiben also auch hier die im Oel ziemlich reichlich vorhandenen Peche, in sehr wenig Oel angereichert, beim Erhitzen des Oeles zurück und veranlassen so die fast trockene Beschaffenheit des Rückstandes bei Zimmerwärme und die ölige Konsistenz beim Erwärmen.

Das eingangs beschriebene dunkle Cylinderöl, welches, im ursprünglichen Zustande erhitzt, schließlich eine merkliche dickklebrige Schicht, im entpechten Zustande erhitzt, aber nur eine äußerst dünne klebrige Schicht hinterläßt und in diesem Falle fast völlig verflüchtigt erscheint, schließt sich dem vorstehend beschriebenen Verhalten der dunklen Oele an.

Während nun von allen Cylinderölen, welche, wie das soeben erwähnte, Destillationsresiduen sind, Verpechen beim andauernden Erhitzen zu erwarten ist, müssen sich die bekannten hellen Cylinderöle, z. B. die graugrünen bis rothbraunen amerikanischen Destillatöle ꝛc., ähnlich den hellen Maschinenölen verhalten, weil schon auf Grund ihrer äußeren Beschaffenheit kein Pech- oder Asphaltgehalt in ihnen anzunehmen ist. Diese Annahme bestätigen die nach-

folgenden Verharzungsversuche (Tab. 9) auf Glasplatten bei 100 C° mit je einem Tropfen Oel, bei denen höchstens durch Verdunsten der leichter flüchtigen Theile ein Dickflüssigerwerden, aber kein merkliches Verharzen stattfand.

Tabelle 9. **Verharzungsversuche mit hellen Cylinderölen bei 95—100 C°.**

Nr. des Oeles	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden						
	14	60	140	190	240	260	380
1	—	unverändert ölig bis sehr schwach klebrig	—	viel verflüchtigt, unveränderte Konsistenz	—	sehr viel verflüchtigt, unveränderte Konsistenz	—
2	unverändert dickflüssig bis schwach klebrig	—	ölig, anscheinend etwas dickflüssiger	—	—	—	—
3	unverändert dickflüssig bis schwach klebrig	—	zum Theil verflüchtigt, sonst unverändert	—	—	zum Theil verflüchtigt, erheblich dickflüssiger	großer Theil verflüchtigt, Rückstand dickölig
4	unverändert dickflüssig bis äußerst schwach klebrig	—	etwas dickflüssiger	—	—	erheblich dickflüssiger, sonst unverändert	großer Theil verflüchtigt, Rückstand dickölig

Die Eigenschaft der hellen destillirten Cylinderöle, keine Neigung zur Bildung fester Rückstände beim Verdampfen zu zeigen, läßt es erklärlich erscheinen, daß diese Oele in der Praxis meistens den dunklen Cylinderölen vorgezogen werden, wo die Preisfrage des Schmiermittels nicht eine zu große Rolle spielt. Nach den oben erläuterten Anschauungen über das Verpechungsvermögen der Oele erscheint die Möglichkeit naheliegend, daß die im Dampfmaschinenbetriebe wiederholt bemerkten störenden Ablagerungen schwarzer kohleartiger Rückstände auf die Benutzung dunkler Residuen zurückzuführen sind. Bei dem großen Interesse, welches die Aufklärung derartiger Fragen für die Maschinenpraxis besitzt, wäre eine jedesmalige Untersuchung der beobachteten Rückstände wie des benutzten Cylinderöls bei solchen störenden Vorkommnissen sehr erwünscht.

Es erübrigt noch, auf eine inzwischen eingeleitete Versuchsreihe über die Verharzung von pechhaltigen und entpechten dunklen Mineralölen und harzhaltigen und harzfreien hellen Mineralölen kurz einzugehen, weil hierbei die obigen qualitativen Versuche über die Verharzung dieser Oele durch quantitative Angaben Ergänzungen finden dürften. Zu dieser Versuchsreihe wurden von den fraglichen Oelen je 210 bis 240 mg Oel in 8 bis 12 cm breiten Glasschalen ausgebreitet und im Wasserluftbade bei 95 bis 100 C° zunächst 24 Tage erhitzt. Die tägliche Erhitzungsdauer betrug durchschnittlich etwa 7 Stunden. Die vorläufigen bei einer Erhitzungsdauer von 7 bis 12 und 24 Tagen erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 10 mitgetheilt. Es zeigt sich, daß sich das helle mäßig hoch entflammbare Paraffinöl entsprechend den Beobachtungen in Tab. 5 am schnellsten unter Zurücklassung eines öligen Rückstandes verflüchtigt.

Bei dem hochentflammbaren hellen Motorenöl 2 ist die Verflüchtigung eine ziemlich gleichartige und mäßig starke. Versuche mit nicht gewogenen Mengen dieser beiden Oele (je 10 Tropfen) ergaben bei 2 bis 3monatlichem Erhitzen in Glasschalen auf 95—100 C° ein merkliches Dickerwerden beider Oele unter Annahme einer ausgesprochen dunkleren Färbung; Klebrig- oder Festwerden wurde aber bei keinem der beiden Oele bemerkt. Die Versuche

Tabelle 10. Verharzungsversuche mit gewogenen Oelmengen bei 95—100 C°.

Nr. des Oeles	Art des Oeles	Spezifisches Gewicht bei 20 C°	Flüssigkeitgrad bei 20 C° nach Engler (Wasser von 20 C° = 1)	Flammpunkt C°, P = Apparat Pensky, T = Offener Tiegel	Angewendete Menge Oel mg (1. Wägung)	g = Gewichtsdifferenz zwischen der vorangehenden und folgenden Wägung in mg, K = Konsistenz des Oeles in dünner Schicht	Zeitdauer der Erhitzung in Tagen		
							7	12	24
1	farbloses sog. Paraffinöl = Nr. 1 in Tab. 5	0,866	5,9	158 P	204	g =	99	18	13
						K =	—	—	bequem flüssig
2	helles bräunlich-gelbes amerikanisches Motorenöl	0,904	11,6	193 P	243	g =	12	14	20
						K =	—	—	bequem flüssig, etwas dicker
3	dunkles russisches Wagenschmieröl = Nr. 5 in Tab. 1	0,906	45,5	176 T	211	g =	43	11	10
						K =	—	dickflüssig	dickflüssig bis schwach klebrig
4	Nr. 3 mit Alkohol-Aether (4 : 3) entpecht	—	—	—	210	g =	44	8	9
						K =	—	bequem flüssig	dickflüssig nicht klebrig
5	sehr dickflüssiges deutsches Mineralschmieröl, dunkel, sog. Vulkanöl	0,926	—	161 P	221	g =	30	5	3
						K =	—	ganz fest, in dicker Schicht dickölig bis breiig	ganz fest, in dicker Schicht breiig
6	Nr. 5 mit Alkohol-Aether (4 : 3) entpecht	—	—	—	204	g =	8	2	3
						K =	—	klebrig, in dicker Schicht dickölig	klebrig, in dicker Schicht dickölig

mit den dunklen Oelen 3 bis 6 in Tab. 10 ergaben zunächst ein schnelles Entweichen der leicht entflammbaren Oelbestandtheile und dann ein allmähliches gleichartiges Abnehmen der Gewichte. Daß das entpechte Oel 6 hierbei zunächst geringere Gewichtsabnahme zeigte, als das nicht entpechte Oel 5 ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß beim Befreien des ersteren mit Alkohol-Aether abgeschiedenen Oeles vom Lösungsmittel durch Erhitzen auf dem Wasserbade die leichter flüchtigen Bestandtheile z. Th. mit entfernt wurden.

Der Einfluß des Pechgehaltes auf die erhaltenen Endgewichte ist bei der vorläufigen verhältnißmäßig kurzen Erhitzungsdauer noch nicht zahlenmäßig aus den Gewichten ersichtlich, wohl aber zeigt sich dieser Einfluß in der Konsistenz der Oele in dünner und dicker Schicht.

Die Versuche werden daher jedenfalls noch auf sehr lange Zeit und zwar unter Hinzuziehung weiterer charakteristischer Oele fortgesetzt werden. Auch sind Vergleichsversuche bei Zimmerwärme mit größeren Oelmengen und unter jahrelanger Beobachtung der in dünner Schicht ausgebreiteten Oele eingeleitet.

Die Ergebnisse vorstehender Untersuchungen, welche vom Verfasser in Gemeinschaft mit Dr. Ruhemann ausgeführt wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Harze, bezw. harzartige Körper lassen sich ohne Zersetzung aus reinen Mineralschmierölen ausscheiden

1. durch Petroleumbenzin von niederen Siedegrenzen. In diesem Lösungsmittel sind die in dunklen Oelen sich findenden hoch schmelzenden Asphaltharze unlöslich,
2. durch Alkohol-Aether (3 : 4 bis 4 : 3), in welchem nicht nur die in dunklen Oelen vorkommenden Asphalte, sondern auch die stets darin enthaltenen Peche unlöslich sind,
3. durch 70prozentigen Alkohol, in welchem kolophonähnliche und neutrale Harze löslich sind.

Die quantitative Bestimmung der Harze mit den unter 2 und 3 genannten Lösungs- bezw. Fällungsmitteln bedarf noch weiterer Vervollkommnung, doch gestattet dieselbe immerhin in der Mehrzahl der Fälle annähernde Vergleichszahlen in Bezug auf den Pech- und Harzgehalt zu ermitteln.

Die Verharzungsfähigkeit ist bei den hellen destillirten Oelen, welche im Allgemeinen nur geringe Mengen in 70prozentigem Alkohol lösliche Bestandtheile (im ungünstigsten Falle wurden 3,5 % Harz gefunden) enthalten, eine fast verschwindende oder äußerst langsame.

Die dunklen Oele enthalten sämmtlich erhebliche Mengen von Pechharzen und einige auch erhebliche Mengen hoch schmelzbaren Asphalts gelöst; außerdem finden sich in ihnen öfter, besonders in den sogenannten Seifenölen, zu welchen saure Abfallöle von der Mineralölraffinerie verarbeitet werden, erhebliche Mengen in 70prozentigem Alkohol lösliches Harz. Daher ist die Verharzungsfähigkeit der dunklen Oele im Allgemeinen eine größere als diejenige der hellen destillirten Oele, wenn sie auch bei sonst den vorgeschriebenen Bedingungen entsprechenden Oelen immerhin noch gering ist und demnach praktisch wenig ins Gewicht fällt.

Die Beziehungen zwischen Harzgehalt und Verharzungsfähigkeit der Mineralöle bestehen hauptsächlich darin, daß die vorhandenen Harze eine Verdickung und bei hohem Gehalt an Harz Verpechung der Oele herbeiführen, indem ein großer Theil der flüssigen Bestandtheile der Oele beim Gebrauch in dünner Schicht verdunstet und das in wenig, zum Theil oxydirtem Oel angereicherte Harz zurückbleibt.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Fig. 3. *Probe IIe.*

Fig. 7.

Spiegelfläche d. E. globulus mit Ast und Trockenriss.

Fig. 8.

Bruchflächen aus den Spaltversuchen.

Scheerflächen in schief gewachsenem Holz.

Fig. 8.

innen geneigt.

Fig. 9.

durch Wölbfläche.

Fig. 10.

durch Spiegel.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. 1895. Fünftes Heft.

1. Untersuchungen über den Einfluß der Kälte auf die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl.

Vom Abtheilungsvorsteher Professor M. Rudeloff.

Die Prüfung von Eisen und Stahl auf Frostbrüchigkeit ist schon wiederholt der Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, ohne daß eine völlige Klärung der beiden Fragen erzielt wurde, ob

1. die Frostbrüchigkeit in solchem Grade besteht, daß sie bei der Verwendung von Stahl und Eisen im Betriebe berücksichtigt werden muß, und
2. ob die nach den verschiedenen hüttenmännischen Verfahren erzeugten Eisensorten dem Einfluß der Kälte in wechselndem Grade unterliegen.

Die Ursache zu diesem geringen Erfolge scheint hauptsächlich in der Mannigfaltigkeit der chemischen Zusammensetzung und der Gefügebildung des Probematerials begründet zu sein, welche auch für das auf den verschiedenen Werken nach dem gleichbenannten Verfahren erzeugte Material immer noch besteht. Wenn nun auch hiernach eine allgemeingültige Lösung jener Frage überhaupt nicht oder nur aus solchen Versuchen erwartet werden kann, zu denen auch das Material gleicher Erzeugungsart mit systematischem Wechsel der chemischen Zusammensetzung und des Grades der mechanischen Bearbeitung gefertigt wurde, so werden dennoch auch solche Untersuchungen, bei denen diese Vorbedingung nicht erfüllt ist, immerhin zur weiteren Aufklärung, gleichsam durch Vermehrung des statistischen Materials, beitragen.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürften auch die im Nachfolgenden mitgetheilten Ergebnisse, welche einer umfassenden Untersuchung entstammen, die in der Versuchsanstalt im Auftrage der Kaiserlichen Werft zu Wilhelmshafen angestellt wurde, für weitere Kreise von Werth sein. Um daneben auch einen Vergleich dieser neueren Ergebnisse mit denen älterer Untersuchungen zu ermöglichen, sollen zunächst die letzteren, soweit sie mir bekannt geworden sind, hier kurz besprochen sein.

A. Ergebnisse älterer Untersuchungen.

1. J. Ramsey fand bei seinen Zug- und Biegeversuchen mit Vierkant- und Rundstangen aus Stahl und Eisen, daß durch Abkühlung auf — 11 bis — 18 C° die Zugfestigkeit und Streckgrenze um 3—5 bezw. 7—16 % erhöht, die Querschnittseinschnürung aber um Weniges vermindert wird. Seine Schlagproben ergaben eine Abnahme der zur Herbeiführung des Bruches erforderlichen Schlagzahl von 21 bei + 17 C° auf durchschnittlich 1,5 bei — 18 C°.

Er schließt hieraus, daß die Festigkeit des Eisens gegen Stoß im Allgemeinen bei — 6 C° bis — 9 C° etwa 25—30 %, bei — 9 C° bis — 18 C° aber sogar nur 10—15 % des Werthes beträgt, den man durch Prüfung bei + 20 C° findet.

2. Andrews stellte Schlagversuche mit 42 Wagenachsen bei — 14°, + 38, 49 und 100 C° an und fand hierbei, daß mit zunehmender Erwärmung die Bruchfestigkeit sich verminderte, die Widerstandsfähigkeit gegen Stöße und die Biegsamkeit dagegen zunahmen.

3. Nach Untersuchungen der französischen Regierung verursachte die Abkühlung auf — 24 bis — 35 C° eine Erhöhung der Streckgrenze um 11 % und der Festigkeit um 3 % beim ungehärteten und über 6 % beim gehärteten Stahl. Die Dehnung nahm um 12 bis 14 % ab, desgleichen die Widerstandsfähigkeit gegen Schlag und zwar ebenfalls beim gehärteten Material mehr als beim ungehärteten. Der Einfluß war im Allgemeinen um so geringer, je größer der Grad der mechanischen Bearbeitung war, und verlor sich mit zunehmender Wärme wieder.[1])

4. Steiner[2]) stellte Biegeversuche mit unverletzten und auf einer Seite 1 mm tief eingekerbten Probestreifen aus Schweißeisen, Flußeisen und Gußstahl von den in Tab. 1 angegebenen Eigenschaften an:

Tabelle 1. **Festigkeitseigenschaften des zu den Steinerschen Versuchen verwendeten Materials.**

Material	Bruchlast kg/qmm	Dehnung %	Querschnittsverminderung %
Schweißeisen	35	18	20
Flußeisen	36	30	60
Stahl	60	4	9

Die Abkühlung der Proben erfolgte 30 Minuten lang im sogenannten Frostsack (Beutel aus doppelt gelegtem Sammet) mittels fester Kohlensäure auf — 40 bis — 50 C°. Zur Prüfung wurden sie auf einem Gesenke an beiden Enden unterstützt und unter einem Rundeisen mittels leichter Schläge eines kleinen Dampfhammers durchgebogen. Hierbei ergab sich, daß:

a) vorübergehend starkes Abkühlen und hierauf folgendes allmähliches Wiedererwärmen auf Luftwärme keine wesentliche Veränderung des Materials bewirkte;

b) unverletztes Schweißeisen durch die Kälte in seiner Biegsamkeit nicht beeinträchtigt wurde, während verletztes an Biegungsfähigkeit verlor und körnigen Bruch an Stelle des im ungekühlten Zustande faserigen Gefüges annahm;

c) Flußeisen und noch mehr Stahl bei starker Abkühlung schon im unverletzten und noch mehr im verletzten Zustande große Sprödigkeit zeigten. Die Proben zersprangen ohne nennenswerthe Biegung nach wenigen Schlägen klirrend wie Glas.

5. Mehrtens[3]) nahm auf Grund der zu Ungunsten von Flußeisen ausgefallenen Versuche von Steiner Veranlassung, das zum Bau der Fordoner Brücke verarbeitete Thomas-

[1]) „The properties of steel at low temperatures." The Engineering a. Mining Journal 1891, Bd. I, S. 381.

[2]) Wochenschrift des Oester. Ingenieur- u. Architekten-Vereines, 1891, S. 290.

[3]) „Kälte-Biegeversuche mit Flußeisen." Stahl u. Eisen, 1892, S. 196 und deutsche Bauzeitung 1892, S. 87.

eisen ebenfalls auf Frostbrüchigkeit zu untersuchen. Hierzu kamen 20 verschiedene Schmelzen zur Verwendung, für welche bei Zimmerwärme folgende Festigkeitseigenschaften ermittelt waren:

Streckgrenze von 25,7—30,2; Mittel 27,7 kg/qmm
Zugfestigkeit „ 39,1—42,1; „ 40,6 „
Dehnung „ 27—32 ; „ 28,7 %

und deren Phosphorgehalt zwischen 0,035—0,078 % schwankte und im Mittel 0,063 % betrug.

Die Probestreifen wurden theils im unverletzten Zustande geprüft, theils waren sie einseitig 1 mm tief eingekerbt oder mit einer Bohrung versehen. Zur Abkühlung bis auf — 39 C° diente eine Kältemischung aus 3 Theilen festem Chlorkalcium und 2 Theilen Schnee, und für stärkere Abkühlung bis auf über 70 C° Kohlensäure unter Anwendung des Frostsackes. Die Biegung erfolgte unter dem Hammer.

Bei — 38 C° ließen sich alle Streifen, auch die gebohrten, zusammenschlagen ohne zu brechen, bis der innere Durchmesser der Krümmung an der Biegestelle der ein- bis anderthalbfachen Dicke des Streifens entsprach. Mit den in Kohlensäure durchkälteten Stäben wurden die in Tab. 1 zusammengestellten Ergebnisse erzielt.

Mehrtens schließt aus diesen Versuchen, daß „ein Bedenken gegen die Verwendung eines derartig guten Flußmetalles nicht vorliegt. Dasselbe hat in größter, die Wirklichkeit übersteigender Kälte die schwierigsten Proben in einem so hohen Maße bestanden, wie man es in der Regel bei Flußeisen nicht verlangt und auch nicht zu verlangen braucht."

Tabelle 2. **Ergebnisse der Biegeproben von Mehrtens.**

Versuchsreihe	Zustand der Bearbeitung	Anzahl der Proben	Durchmesser der Krümmung an der Biegestelle in Vielfachem von der Blechdicke	Verhalten beim Versuch
I	unverletzt	7	1—1,5	nicht gebrochen
	1 mm eingekerbt	2	—	gebrochen beim Biegewinkel $\alpha = 70—80°$
	gebohrt	2	bei $a = 1$	a) nicht gebrochen; b) gebrochen bei $\alpha = 70°$
II	unverletzt	3	3—3,5	nicht gebrochen
	1 mm eingekerbt	3	3—3,5	
III	unverletzt	3	3—3,5	nicht gebrochen
	1 mm eingekerbt	3	3—3,5	
	gebohrt	1	3—3,5	
IV	unverletzt	6	3—3,5	nicht gebrochen
	1 mm eingekerbt	5	3—3,5	

6. Vávra[1]) stellte Kältebiegeversuche mit Thomasflußeisen von Kladno an, welches bei einem Gehalt von 0,068 % Kohlenstoff, 0,030 % Silicium, 0,215 % Mangan, 0,019 % Phosphor und 0,020 % Schwefel eine Zugfestigkeit von 36—42 kg/qmm besaß bei 32,7 bis 22,7 % Dehnung und 65—50 % Querschnittsverminderung. Zur Erzeugung der niederen Wärmegrade dienten natürlicher Frost, flüssige Kohlensäure und Kältemischungen aus gestoßenem Eis und Schwefelsäure, sowie aus Eis und Kochsalz. Die Proben entstammten Flacheisen von 200 × 10 mm, Winkeleisen von 80 × 80 × 10 mm und Trägern von 180 × 90 mm.

[1]) „Zur Frostbrüchigkeit des weichen Thomasflußeisens." Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1892, S. 139.

Sie wurden der Prüfung im unverletzten, eingekerbten, gehärteten und ausgeglühten Zustande unterzogen.

Die Stäbe ließen sich, im Anlieferungszustande auf — 20 C° und nach dem Ausglühen auf — 16 C° abgekühlt, unter dem Hammer zusammenfalten ohne zu brechen; gehärtete Stäbe ertrugen bei — 13 C° eine Biegung um 90° und ließen sich, nachdem sie zuvor bei Luftwärme um 90° gebogen waren, bei — 20 C° wieder vollständig gerade richten. Mit dem Meißel oder der Feile auf 1,5—2 mm Tiefe eingekerbte Stäbe brachen bei — 11 bis — 18 C° unter dem ersten Schlage, bei — 9 C° unter dem fünften, bei + 16 C° unter dem sechsten und bei + 50 C° unter dem siebenten Schlage. Im Uebrigen zeigten die Proben bei niederen Wärmegraden nur eine „größere Steifheit" als bei Luftwärme. Bávra schließt aus diesen Ergebnissen, daß die Kälte auf die Brüchigkeit des Thomasflußeisens wohl von Einfluß ist, daß aber die Verletzung der Stücke an und für sich von größerer Bedeutung ist als die Kälte. Letztere führe einen ähnlichen Zustand herbei als das Abschrecken aus hoher Wärme, nur komme bei diesem ein stärkeres Wärmegefälle zur Wirkung. Von ausschlaggebender Bedeutung hinsichtlich des Kälteeinflusses sei die chemische Zusammensetzung. Unter den fremden Bestandtheilen des Eisens sei es vorwiegend Mangan, welches der Frostbrüchigkeit entgegenwirke, weil das kohlenstoffhaltige Material durch den Gehalt an Mangan innerhalb gewisser Grenzen zäher und geschmeidiger werde und diese Eigenschaft auch bei der starken Abkühlung unter Null behalten müsse.

7. Köpke und Hartig[1]) prüften das Verhalten von Eisen in großer Kälte durch Schlagbiegeproben mit Flachstäben von 50 × 10 mm Querschnitt und 500 mm Länge. Von den Stäben waren 14 aus Schweißeisen mit 0,119 %, 14 aus basischem Martinflußeisen mit 0,152 %, und je 2 aus saurem Bessemerstahl mit 0,363 und 0,735 % Kohlenstoff-Gehalt gefertigt. Der Wärmezustand der gekühlten Stäbe lag zwischen — 40 und — 80 C°; zum Vergleich dienten Versuche bei + 15 und 20 C°. Flachgelegt ertrugen die gekühlten Schweißeisen- und Flußeisenstäbe bei 400 mm Stützweite 11 wechselweise auf die beiden Breitseiten ausgeübte Schläge mit 44 mkg (0,9 m Fallhöhe und 48,85 kg Bärgewicht) Schlagarbeit, ohne daß irgend welche Brucherscheinungen an den hin- und hergebogenen Stäben wahrgenommen werden konnten. Bei den weiteren Versuchen mit Schweiß- und Flußeisen wurden die Stäbe unter Schlägen mit etwa 62 mkg Schlagarbeit hochkant und einseitig durchgebogen. Hierbei zeigte sich, daß die Durchbiegungen nach gleichen Gesammtschlagarbeiten sowohl im nichtgekühlten als auch im gekühlten Zustande bei dem Schweißeisen etwas geringer waren (10,6 mm für Schlag) als beim Flußeisen (11,5 mm), daß aber der Einfluß der Abkühlung beim Flußeisen um Weniges stärker hervortrat als beim Schweißeisen. Mißt man diesen Einfluß durch das Verhältniß der zur Erzielung gleicher Durchbiegungen in beiden Zuständen erforderlichen Arbeitsgrößen, so stellt sich das Verhältniß beim Schweißeisen gleich 1 : 1,47 und beim Flußeisen gleich 1 : 1,49. Von den Stäben aus Bessemerstahl ertrugen diejenigen mit 0,363 % Kohlenstoff in beiden Zuständen 6 Schläge ohne zu brechen; die Durchbiegung ging durch Abkühlen von 47,5 auf 40,2 mm zurück. Von den beiden Stäben mit 0,735 % Kohlenstoff hielt der ungekühlte bei 24,4 mm Durchbiegung ebenfalls 6 Schläge aus, während der gekühlte unter dem sechsten Schlage nach 20,9 mm Durchbiegung brach. Der gesunde Bruch zeigte feinkörniges Gefüge.

---

[1]) Civilingenieur 1892, Heft 3 und Stahl und Eisen 1892, Nr. 13.

B. Versuche im Auftrage der Kaiserlichen Werft zu Wilhelmshafen.

a) Das Probematerial.

Als Probematerial wurden an die Anstalt eingeliefert:

1. weiches Nieteisen (Schweißeisen), gezeichnet „N", in Rundstangen von 25,5 mm Durchmesser;
2. gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen), gezeichnet „Krupp", als Winkel von 100 × 100 × 14 mm;
3. desgl. (Thomasstahl von Rothe Erde), gezeichnet „Rothe Erde", als Winkel von 100 × 100 × 14 mm;
4. gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktion, gezeichnet „W", als Winkel von 100 × 65 × 9 mm;
5. Federstahl, gezeichnet „FS", in Rundstangen von 25 mm Durchmesser;
6. Gußstahl, gezeichnet „TS" (Tiegelstahl), in Rundstangen von 25 mm Durchmesser;
7. geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen), gezeichnet „H", in Rundstangen von 25 mm Durchmesser.

Von allen diesen 7 Materialien wurden je 9 Zug-, Biege- und Stauchproben in der Versuchsanstalt kalt hergerichtet. Zur Vermeidung von Verwechselungen wurden die Proben gleicher Gattung, mit denen aus dem Material 1 beginnend, laufend mit 1—63 gezeichnet. Die einzelnen Abschnitte wurden so entnommen, daß immer die Zug- und Biegeproben gleicher Nummer abwechselnd unmittelbar hintereinander lagen.

Für die Stauchproben wurde aus den Rundstangen ein Abschnitt von 225 mm entnommen, welcher zur Herstellung der erforderlichen 9 Cylinder hinreichte. Die Stauchproben aus den Profileisen wurden aus den Streifen S gefertigt, welche nach Maßgabe von Fig. 1 neben den Biegeproben B entfielen.

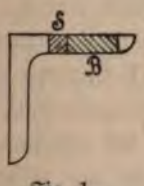


Fig. 1.

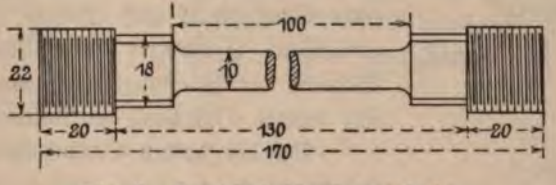


Fig. 2. Rundstab für Zugversuche.

Um Ungleichmäßigkeiten im Material möglichst auszugleichen, wurden immer von drei aufeinander folgenden Stücken das erste bei Zimmerwärme, das zweite bei etwa — 18 C° und das dritte bei — 80 C° geprüft.

Die Zugproben aus den Rundstangen der Materialien 1, 5, 6 und 7 erhielten die in Fig. 2 dargestellten Abmessungen.

Aus den Profileisen 2, 3 und 4 wurden Flachstäbe nach Maßgabe von Fig. 3 gefertigt, die auf den Schmalseiten der Köpfe mit Gewinde versehen wurden, sodaß sie in dieselben Muttern der Einspannvorrichtung

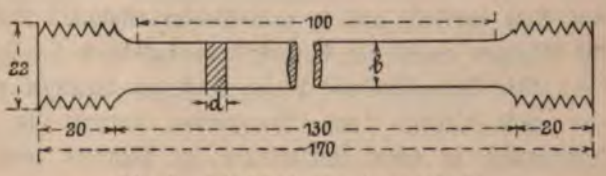


Fig. 3. Flachstab für Zugversuche.

hineingeschraubt werden konnten wie die Rundstäbe. Bei der Bearbeitung wurde ein ganz besonderes Augenmerk darauf gerichtet, daß die Gewindetheile centrisch zu dem Schaft des Stabes lagen und die Stäbe so beim Versuch einer möglichst achsialen Zugbelastung unterworfen waren.

Die Biegeproben erhielten 150 mm Länge. Die Proben aus den Rundstangen 1 und 7 wurden nicht weiter bearbeitet; diejenigen aus den Rundstangen 5 und 6 wurden auf 15 mm abgedreht, weil sie bei dem ursprünglichen Durchmesser einen zu großen Kraftaufwand zum Biegen erforderten. Die Proben aus den Profileisen wurden auf 30 mm Breite beschnitten (s. Fig. 1) und an den Kanten abgerundet.

Als Stauchproben dienten Cylinder, deren Höhe gleich dem Durchmesser war, und je nach der ursprünglichen Materialstärke 8—20 mm betrug.

b) Die Versuchsausführung.

Je einer der bei Zimmerwärme zu untersuchenden Zerreißstäbe und zwar immer der Dritte in der Nummerfolge, wurde zur Bestimmung der Dehnung innerhalb der Streckgrenze mit Hülfe von Martens'schen Spiegelapparaten auf der 50 t Martens-Maschine geprüft, alle übrigen Zerreißproben auf der 50 t Pohlmeyer-Maschine unter Aufzeichnung einer Schaulinie von dem Verlauf des Versuches.

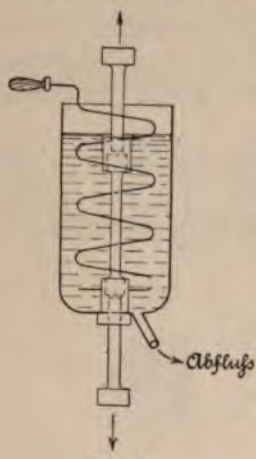


Fig. 4.

Die mittlere Zimmerwärme bei Ausführung der Versuche betrug + 18 C°.

Zur Erzeugung der nächst niederen Wärmestufe diente eine Kältemischung aus gestoßenem Eise und Viehsalz, und zwar bei den Zugversuchen unter Benutzung eines einfachen cylindrischen Zinkgefäßes von etwa 100 mm lichter Weite (s. Fig. 4), welches den Probestab sowie die beiden Einspannmuttern umgab. Zum Durchkälten blieb der Stab vor dem Beginn der Belastung 25 bis 30 Minuten in der Kältemischung, wobei diese unter Umrühren mit einer Drahtspirale nach Bedarf frisch aufgefüllt wurde, und das entstandene Salzwasser am Boden des Gefäßes beständig abfloß. Während der Belastungsdauer von etwa 5—7 Minuten fand dann eine weitere Ergänzung der Kältemischung nicht mehr statt.

Bei der dritten Versuchsreihe, welche bei möglichst niederen Wärmegraden angestellt werden sollte, wurde zur Kälteerzeugung Kohlensäure benutzt. Ueber die Zugproben und die beiden Einspannmuttern wurde nach dem auch von Steiner angewendeten Verfahren ein schlauchartiger Ueberzug aus doppelt gelegtem Sammet gezogen und hinter den Einspannmuttern fest zugeschnürt. Am oberen Ende stand der Schlauch durch einen kurzen Lederstulp mit dem Ablaßventil der Kohlensäureflasche in Verbindung, durch den die Kohlensäure in den Schlauch eingelassen wurde. Die hierbei sich bildende feste Kohlensäure wurde durch wiederholtes Kneten des Schlauches gleichmäßig um den Stab vertheilt und je nach Bedarf ergänzt. Nach einer Durchkältungsdauer von etwa 30 Minuten wurde der Versuch dann innerhalb 5—7 Minuten zu Ende geführt.

Die Versuchswärme betrug nach den Anzeigen eines Weingeistthermometers — 80 C°.

Die Stauch- und Biegeproben wurden in der oben erwähnten Kältemischung beziehentlich in fester Kohlensäure 30 Minuten lang durchkältet und dann zur Prüfung herausgenommen.

Die Inanspruchnahme der Probecylinder bei den Stauchversuchen wurde unter Berücksichtigung der früher durch Professor Martens aufgestellten Grundsätze[1]) so bemessen, daß die spezifische Arbeitsleistung a für den einzelnen Schlag annähernd betrug:

bei den Materialien 1—4 und 7 mit einer Zugfestigkeit kleiner als 50 kg/qmm

$$a = 5 \text{ mkg/ccm}$$

und bei den Materialien 5 und 6 mit über 50 kg/qmm Zugfestigkeit

$$a = 20 \text{ mkg/ccm}.$$

Im Allgemeinen wurden die Proben 10 Schlägen ausgesetzt. Nur wenn sie durch Prellschläge beschädigt waren, oder Anzeichen von Zerstörung eintraten, wurde die Prüfung schon bei einer geringeren Schlagzahl beendet. Nach jedem Schlage wurde die Höhenverminderung festgestellt und die Probe dann bis zum nächsten Schlage zur erneuten Durchkältung etwa 15 Minuten lang in die Kälte erzeugende Masse (Kältemischung oder feste Kohlensäure) eingelegt.

Die Biegeproben wurden auf einer Schraubenpresse ausgeführt. Die Freilage betrug bei allen Proben etwa 130 mm. Der Krümmungsradius für die Abrundung des Druckstückes, unter dem die erste Biegung erfolgte, war immer = 12,5 mm. Die Proben wurden um einen Winkel von etwa 90° vorgebogen und dann ohne Anwendung eines eingelegten Druckstückes oder Dornes durch Belastung der Schenkelenden nach Maßgabe von Fig. 5 weiter zusammengedrückt, nachdem sie vorher nochmals durchkältet waren. Die Proben aus den Materialien 1—3 ließen sich indessen wegen des hierzu erforderlichen großen Kraftaufwandes auf der Schraubenpresse nicht vollständig zusammendrücken. Um dies dennoch zu bewirken, wurden diese Proben später nochmals von Neuem durchkältet und dann auf der Pohlmeyer-Maschine zusammengedrückt. Da bei diesen Versuchen die Proben vor Ausführung der letzten Biegung längere Zeit in Zimmerwärme verblieben und dann zum zweitenmal abgekühlt werden mußten, so war ein Sondereinfluß dieser Behandlungsweise nicht ausgeschlossen. Deswegen sind die Versuche mit ununterbrochener Durchführung nochmals wiederholt. Die Proben der zweiten Versuchsreihen sind durch Hinzufügung des Zeichens a zur Stabnummer gekennzeichnet. Die Ergebnisse beider Versuchsreihen sind in Tab. 10 zusammengestellt.

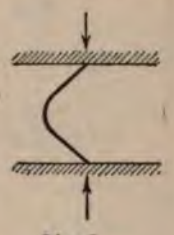


Fig. 5.

c) Die Versuchsergebnisse.

1. Die Ergebnisse der Zugversuche sind in Tab. 3 enthalten. Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, wurde die Streckgrenze immer bei den dritten, bei Zimmerwärme geprüften Stäben nach den Beobachtungen mit Spiegelapparaten auf eine niedere Spannung gelegt, als bei den beiden zugehörigen, unter Benutzung eines Schaulinienzeichners geprüften Stäben. Dieser Unterschied ist darin begründet, daß bei dem feineren Verfahren der Messung mit Hülfe von Spiegelapparaten das Nachstrecken des Stabes unter der gegebenen Belastung eher wahrgenommen wird als bei Benutzung des Schaulinienzeichners.

Da nun bei den Wärmegraden — 20 und — 80 C° nur Schaulinien aufgenommen, d. h. keine Feinmessungen mit Spiegelapparaten für die Dehnungen angestellt wurden, so blieben die bei Zimmerwärme mit Spiegelapparaten festgestellten Spannungen für die Streckgrenze von der Mittelbildung ausgeschlossen. In Tab. 3 sind diese Werthe eingeklammert [ ].

[1]) Siehe Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1891, Heft I.

Tabelle 3. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Vorbemerkungen: Hier und in den folgenden Tabellen sind die Zahlen, die nicht als völlig zuverlässig oder gle erachtet werden können in [ ]; diejenigen Zahlen, die als unzuverlässig erachtet werden müssen, oder aus anderen zur Mittelbildung und Materialbeurtheilung nicht benutzt werden dürfen, sind in ( ) gesetzt. Z. B. sind die Mi welche aus weniger als 3 Zahlen gebildet wurden, in [ ] und wenn der Stab außerhalb der Theilung riß, in ( )

Stab Nr.	Wärmezustand C°	Art der Kälteerzeugung	Abmessungen: Breite mm b	Durchmesser oder Dicke mm d	Querschnitt qmm F	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σ_P	Streckgrenze σ_S	beim Bruch σ_B	Nach dem Bruch: Dehnung % auf je 20 mm δ_{20}	Dehnung % auf 90 mm δ_{90}	Querschnittsverminderung % q	Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke mm	Bruchar
1. Weiches Nieteisen (Schweißeisen), gezeichnet „N".														
1	+ 18	Zimmerwärme	—	10,1	80,1	—	—	30,6	39,7	30,1	26,5	41,8	40	
4			—	10,1	80,1	—	—	26,8	39,5	29,9	27,3	38,8	40	
7			—	10,0	78,5	[20200]	19,1	[25,5]	39,8	30,7	29,4	39,1	30	
Mittel			—	—	—	[**20200**]	[**19**,1]	[**28**,7]	**39**,7	**30**,2	**27**,7	**39**,9	—	Etwa ⅓ du hellgrau, pig. porös eben.
2	— 20	Mischung von Eis u. Salz	—	10,0	78,5	—	—	29,3	41,4	31,5	28,5	37,6	20	
5			—	10,0	78,5	—	—	28,5	42,2	26,4	24,0	32,7	30	
8			—	10,0	78,5	—	—	29,7	41,4	29,1	26,2	34,4	40	
Mittel			—	—	—	—	—	**29**,2	**41**,7	**29**,0	**26**,2	**34**,9	—	
3	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	—	10,1	80,1	—	—	28,0	40,9	25,8	22,0	34,1	10	Zur Hälfte du schuppig, g hellgrau, k körnig und hart. Einlag
6			—	10,0	78,5	—	—	30,6	43,9	26,0	23,3	31,1	10	Desgl.; fi körnig.
9			—	10,0	78,5	—	—	32,5	43,3	28,1	26,1	32,7	10	
Mittel			—	—	—	—	—	**30**,4	**42**,7	**26**,6	**23**,8	**32**,6	—	
2. Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen), gezeichnet „Krupp".														
10	+ 18	Zimmerwärme	12,0	7,0	84,0	—	—	22,3	40,5	38,6	31,9	62,6	40	
13			12,0	7,0	84,0	—	—	25,6	41,1	38,7	31,9	62,6	45	
16			12,3	6,8	83,6	20 600	12,0	[20,9]	39,7	41,2	34,5	62,8	40	
Mittel			—	—	—	[**20600**]	[**12**,0]	[**24**,0]	**40**,4	**39**,5	**32**,8	**62**,7	—	
11	— 20	Mischung von Eis u. Salz	11,9	6,9	82,1	—	—	24,8	43,8	38,1	32,8	61,4	15	
14			12,0	7,0	84,0	—	—	25,0	43,3	40,1	35,2	63,0	20	
17			12,0	6,8	81,6	—	—	24,3	43,6	35,9	31,9	60,4	10	Hellmattgrau schuppig, t eben, starker
Mittel			—	—	—	—	—	**24**,7	**43**,6	**38**,0	**33**,3	**61**,6	—	
12	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	12,0	6,9	82,8	—	—	30,2	46,4	—	[23,4]	62,1	0	
15			11,8	7,0	82,6	—	—	30,3	46,0	Außerhalb der Theilung gerissen	(21,7)	[60,4]	—	
18			12,0	7,0	84,0	—	—	28,6	43,3		(19,5)	[63,3]	—	
Mittel			—	—	—	—	—	**29**,7	**45**,2	—	[**23**,4]	[**61**,9]	—	
3. Gewalzter Schiffbaustahl (Thomasstahl von Rothe Erde), gezeichnet „Rothe Erde".														
19	+ 20	Zimmerwärme	12,0	6,9	82,8	—	—	28,5	43,5	34,2	29,6	61,9	35	
22			12,0	7,0	84,0	—	—	28,8	43,6	36,4	29,9	61,1	40	
25			12,0	6,7	80,4	20 600	23,6	[25,5]	43,2	35,2	31,2	60,8	45	
Mittel			—	—	—	[**20600**]	[**23**,6]	[**28**,7]	**43**,4	**35**,3	**30**,2	**61**,3	—	
20	— 20	Mischung von Eis u. Salz,	11,8	7,0	82,6	—	—	32,2	46,2	33,8	29,1	60,0	15	
23			11,9	7,0	83,3	—	—	30,3	45,1	33,9	29,3	64,1	20	Mattgrau, k
26			11,9	7,0	83,3	—	—	28,8	45,1	33,7	30,2	61,2	35	pig, etwas Trichter.
Mittel			—	—	—	—	—	**30**,4	**45**,5	**33**,8	**29**,5	**61**,8	—	
21	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	11,9	7,0	83,3	—	—	33,6	47,1	Außerhb. d. Theilg. gerissen	(20,5)	[60,7]	—	
24			12,0	7,0	84,0	—	—	32,1	46,9	31,9	27,4	60,7	10	
27			12,0	7,0	84,0	—	—	30,2	44,6	—	[25,0]	61,4	3	
Mittel			—	—	—	—	—	**32**,0	**46**,2	[**31**,9]	[**26**,2]	[**60**,9]	—	

Stab Nr.	Wärmezustand	Art der Kälteerzeugung	Abmessungen: Breite mm b	Abmessungen: Durchmesser oder Dicke mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σ_P	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σ_S	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σ_B	Nach dem Bruch: Dehnung % auf 30 mm δ_{30}	Nach dem Bruch: Dehnung % auf 90 mm δ_{90}	Nach dem Bruch: Querschnittsverminderung % q	Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke mm	Bruchaussehen
	C°													
4. Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktion, gezeichnet „W".														
28	+ 18	Zimmerwärme	11,9	7,0	83,3	—	—	30,0	39,7	24,0	21,7	32,5	40	Dunkelgrau, grobschuppig, geschichtet, schief zur Achse, uneben.
31			12,0	7,0	84,0	—	—	31,7	40,2	23,6	20,9	36,2	40	
34			12,0	6,9	82,8	19 800	18,1	[26,0]	40,6	—	[21,2]	30,9	3	
Mittel			—	—	—	**[19 800]**	**[18,1]**	**[30,9]**	**40,2**	**[23,8]**	**[21,3]**	**33,2**	—	
29	— 20	Mischung von Eis u. Salz	12,1	7,0	84,7	—	—	32,1	41,9	20,0	18,5	34,4	20	Desgl., etwas kürzer abgerissen erscheinend.
32			12,0	7,0	84,0	—	—	31,7	41,4	28,9	26,3	34,4	25	
35			12,0	7,0	84,0	—	—	31,0	41,4	21,6	20,3	29,3	25	
Mittel			—	—	—	—	—	**31,6**	**41,6**	**23,5**	**21,7**	**32,7**	—	
30	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	12,0	6,8	81,6	—	—	31,3	43,4	—	[18,7]	31,1	0	Wie Nr. 28, etwas körnige Einlagerungen.
33			12,0	7,0	84,0	—	—	34,5	43,8	—	[18,6]	33,1	2	
36			12,0	7,0	84,0	—	—	29,8	42,5	—	[23,3]	31,9	3	
Mittel			—	—	—	—	—	**31,9**	**43,2**	—	**[20,2]**	**32,0**	—	
5. Federstahl, gezeichnet „FS".														
37	+ 18	Zimmerwärme	—	10,1	80,1	—	—	39,2	76,8	15,9	14,2	29,2	40	Kern mattgrau, feinschupp., Rand glänz., körn.kryst., etw.uneb.
40			—	10,1	80,1	—	—	38,1	75,9	19,2	17,4	30,8	35	
43			—	9,9	77,0	20 800	33,1	[37,0]	78,9	18,0	16,5	26,4	35	Desgl., mit radialen Bruchlinien u. Trichterrand.
Mittel			—	—	—	**[20 800]**	**[33,1]**	**[38,7]**	**77,2**	**17,7**	**16,0**	**28,8**	—	
38	— 20	Mischung von Eis u. Salz	—	9,8	75,4	—	—	41,1	84,5	15,5	14,2	22,9	10	Hellgrau, körnig, kryst. radiale Bruchlinien, matter Kern, ziemlich eben.
41			—	9,8	75,4	—	—	40,4	85,5	16,6	14,6	22,9	10	
44			—	9,9	77,0	—	—	39,0	82,5	14,9	13,1	26,4	20	
Mittel			—	—	—	—	—	**40,2**	**84,2**	**15,7**	**14,0**	**24,1**	—	
39	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	—	10,0	78,5	—	—	41,5	83,9	—	[10,7]	24,3	4	
42			—	10,0	78,5	—	—	48,9	86,1	13,1	11,6	24,3	10	
45			—	9,9	77,0	—	—	42,9	83,1	12,4	10,3	22,9	10	
Mittel			—	—	—	—	—	**44,4**	**84,4**	**[12,8]**	**[10,9]**	**23,8**	—	
6. Gußstahl (Tiegelstahl), gezeichnet „TS".														
46	+ 18	Zimmerwärme	—	9,9	77,0	—	—	47,8	79,7	19,2	16,1	37,9	40	Mattgrau, feinschuppig, ziemlich eben, Trichterrand.
49			—	9,9	77,0	—	—	43,4	78,7	19,1	16,0	37,9	40	
52			—	9,9	77,0	1) 21 200 2) 21 200	1) 33,1 2) 42,9	[44,2]	79,5	21,9	19,2	37,9	40	
Mittel			—	—	—	—	—	**[45,6]**	**79,3**	**20,1**	**17,1**	**37,9**	—	
47	— 20	Mischung von Eis u. Salz	—	10,0	78,5	—	—	44,6	80,9	20,1	16,7	39,1	15	Körnig, kryst., radiale starke Bruchlinien, Trichterbildung.
50			—	10,0	78,5	—	—	45,4	81,7	20,6	17,9	39,1	30	
53			—	10,0	78,5	—	—	47,0	82,2	19,2	15,8	37,6	10	
Mittel			—	—	—	—	—	**45,7**	**81,6**	**20,0**	**16,8**	**38,6**	—	
48	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	—	10,0	78,5	—	—	47,1	81,5	18,3	15,1	39,1	10	
51			—	9,9	77,0	—	—	49,4	84,2	—	[11,8]	36,3	4	
54			—	9,8	75,4	—	—	49,6	86,5	16,8	14,7	33,3	10	
Mittel			—	—	—	—	—	**48,7**	**84,1**	**[17,6]**	**[13,9]**	**36,2**	—	
7. Geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen), gezeichnet „H".														
55	+ 18	Zimmerwärme	—	10,0	78,5	—	—	27,0	36,4	30,3	25,3	48,1	45	Dunkelgrau, kurzschuppig, uneben, Trichteransatz.
58			—	10,0	78,5	—	—	27,6	37,2	27,9	24,1	46,6	40	
61			—	9,8	75,4	21 400	17,9	26,5	37,8	20,6	14,4	44,4	10	
Mittel			—	—	—	**[21 400]**	**[17,9]**	**27,3**	**37,1**	**26,3**	**21,3**	**46,4**	—	
56	— 20	Mischung von Eis u. Salz	—	10,0	78,5	—	—	27,1	37,5	30,4	25,0	48,2	20	Grauschuppig, uneben, starker Trichter.
59			—	10,0	78,5	—	—	27,6	38,1	26,9	23,0	48,2	10	
62			—	10,0	78,5	—	—	28,0	38,2	21,0	17,7	32,7	20	Desgl., Abschieferungen, grobsehniges Aussehen.
Mittel			—	—	—	—	—	**27,6**	**37,9**	**26,1**	**21,9**	**43,0**	—	
57	— 80	Frostsack mit Kohlensäure	—	9,9	77,0	—	—	31,7	39,5	23,8	21,1	48,6	6	Dunkelgrau, schuppig bis körnig, Trichter.
60			—	9,8	75,4	—	—	30,2	39,9	31,8	26,9	48,9	25	
63			—	9,8	75,4	—	—	34,5	41,4	—	[22,0]	46,0	4	
Mittel			—	—	—	—	—	**32,1**	**40,3**	**[27,8]**	**[23,3]**	**47,8**	—	

Um die Ergebnisse der Zugversuche übersichtlicher zu gestalten, sind die in Tab. 3 enthaltenen Mittelwerthe für die Spannungen an der Streck- und Bruchgrenze sowie die Bruchdehnungen, gemessen auf je 30 mm von der Bruchstelle und für die ganze Länge der Theilung von 90 mm, in Tab. 4 nochmals zusammengestellt. Außerdem sind der Tab. 4 fünf Verhältnißzahlen angefügt. Von ihnen zeigt die erste (im Tabellenkopf mit σ_S/σ_B bezeichnet) das Verhältniß zwischen den Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch für ein und denselben Wärmezustand, während die übrigen Verhältnißzahlen die Beziehungen zwischen den Festigkeitseigenschaften bei verschiedenen Wärmezuständen, bezogen auf die bei Zimmerwärme erhaltenen Werthe, darstellen.

Tabelle 4. **Gegenüberstellung der Mittelwerthe aus den Zugversuchen.**

Material	Versuchswärme C°	Beobachtungswerthe: Spannungen in kg/qmm an der Streckgrenze σ_S	Beobachtungswerthe: Spannungen in kg/qmm an der Bruchgrenze σ_B	Beobachtungswerthe: Bruchdehnung in %, gemessen auf je 30 mm vom Bruch	Beobachtungswerthe: Bruchdehnung in %, gemessen auf 90 mm	Verhältnißzahlen: σ_S/σ_B	Verhältnißzahlen: Spannungen in kg/qmm an der Streckgrenze σ_S	Verhältnißzahlen: Spannungen in kg/qmm an der Bruchgrenze σ_B	Verhältnißzahlen: Bruchdehnung in %, gemessen auf je 30 mm vom Bruch	Verhältnißzahlen: Bruchdehnung in %, gemessen auf 90 mm
1. Weiches Nieteisen (Schweißeisen), gezeichnet „N"	+ 18	28,7	39,7	30,2	27,7	0,72	100	100	100	100
	— 20	29,2	41,7	29,0	26,2	0,70	101,7	105,0	96,0	94,6
	— 80	30,4	42,7	26,6	23,8	0,71	105,9	107,5	88,1	85,9
2. Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen), gezeichnet „Krupp"	+ 18	24,0	40,4	39,5	32,8	0,59	100	100	100	100
	— 20	24,7	43,6	38,0	33,3	0,57	102,9	107,9	96,2	98,5
	— 80	29,7	45,2	—	[23,4]	0,66	123,8	111,9	—	[70,3]
3. Gewalzter Schiffbaustahl (Thomasstahl von Rothe Erde), gezeichnet „Rothe Erde"	+ 20	28,7	43,4	35,3	30,2	0,66	100	100	100	100
	— 20	30,4	45,5	33,8	29,5	0,67	105,9	104,8	95,8	97,7
	— 80	32,0	46,2	[31,9]	[26,2]	0,69	111,5	106,5	[90,4]	[86,8]
4. Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktion, gezeichnet „W"	+ 18	30,9	40,2	[23,8]	21,3	0,77	100	100	100	100
	— 20	31,6	41,6	23,5	21,7	0,76	102,3	103,5	[98,7]	101,9
	— 80	31,9	43,2	—	20,2	0,74	103,2	107,5	—	94,8
5. Federstahl, gezeichnet „FS"	+ 18	38,7	77,2	17,7	16,0	0,50	100	100	100	100
	— 20	40,2	84,2	15,7	14,0	0,48	103,9	109,1	88,7	87,5
	— 80	44,4	84,4	12,8	10,9	0,53	114,7	109,3	[72,3]	68,1
6. Gußstahl (Tiegelstahl), gezeichnet „TS"	+ 18	45,6	79,3	20,1	17,1	0,58	100	100	100	100
	— 20	45,7	81,6	20,0	16,8	0,56	100,2	102,9	99,5	98,2
	— 80	48,7	84,1	17,6	13,9	0,58	106,8	106,1	87,6	81,3
7. Geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen), gezeichnet „H"	+ 18	27,3	37,1	26,3	21,3	0,74	100	100	100	100
	— 20	27,6	37,9	26,1	21,9	0,73	101,1	102,2	99,2	102,8
	— 80	32,1	40,3	[27,8]	23,3	0,80	117,6	108,6	[105,7]	109,4

Aus diesen Verhältnißzahlen und aus dem Verlauf der nach ihnen in Fig. 6—8 verzeichneten Schaulinien lassen sich folgende Schlußfolgerungen für das untersuchte Material ableiten:

1. Sowohl die Spannung an der Streckgrenze (Fig. 6) als auch die Bruchspannung (Fig. 7) wurde durch die Abkühlung der Proben unter Null C° gehoben.
2. Die Hebung der Streckgrenze ist im Allgemeinen bei — 20 C° verhältnißmäßig gering gegenüber derjenigen bei — 80 C°, während die Bruchspannung durch die Abkühlung auf — 20 C° verhältnißmäßig stärker beeinflußt wird als durch die Abkühlung auf — 80 C°.

Ausnahmen von diesem Ergebniß bilden bei der Streckgrenze (Fig. 6, Schaulinien 3 und 4) der gewalzte Thomasstahl und das gewalzte Schweißeisen für Baukonstruktionen, bei der Bruchspannung (Fig. 7, Schaulinie 7) das geschmiedete Schweißeisen (Hammereisen).

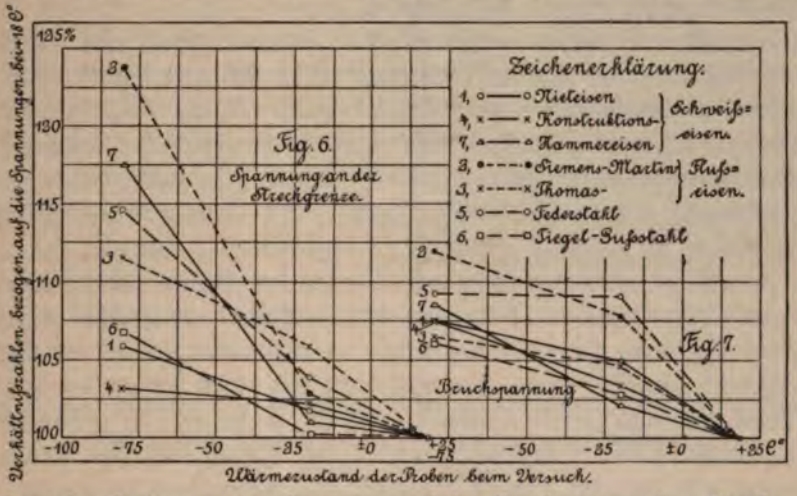
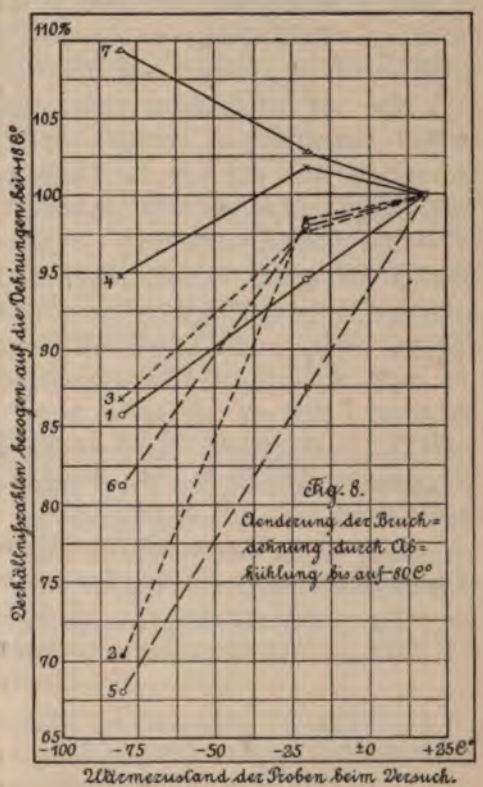


Fig. 6 und 7. Aenderung der Spannungen beim Bruch und an der Streckgrenze durch Abkühlung bis auf — 80 C°.

3. Die Bruchdehnung (Fig. 8) nimmt im Allgemeinen mit steigender Abkühlung ab, beim Hammereisen (Schaulinie 7) dagegen zu. Der Einfluß ist zwischen + 18 und — 20 C° im Verhältniß zum Wärmeabfall meistens geringer als zwischen — 20 und — 80 C°. Bei einigen der untersuchten Materialien ist er der Wärmeänderung proportional.



Vergleicht man die verschiedenen Eisensorten untereinander, so zeigt sich aus Tab. 4 und Fig. 6—8, daß von den drei Schweißeisensorten das „weiche Nieteisen" (1) und das „gewalzte Konstruktionseisen" (4) sich dem Einfluß der Kälte gegenüber annähernd gleich verhielten. Die dritte Sorte, geschmiedetes Hammereisen (7), stimmte in ihrem Verhalten bei — 20 C° mit den beiden Erstgenannten ebenfalls annähernd überein, dagegen bewirkte die Abkühlung auf — 80 C° bei dem Hammereisen (7) eine erheblich größere Zunahme der Festigkeit besonders an der Streckgrenze als bei jenen; ferner erfuhr die Bruchdehnung bei dem Hammereisen eine Steigerung um nahezu 10 %, während sie bei allen übrigen Eisensorten verringert wurde.

Von den beiden Flußeisensorten unterlag das „Siemens-Martineisen" (2) dem Einfluß der Kälte beim Zugversuch in erheblich stärkerem Grade als das „Thomaseisen" (3), abgesehen von der Spannung an der Streckgrenze bei — 20 C°, welche beim Thomaseisen um 6 %, beim Martineisen dagegen nur um 3 % gehoben wurde.

Von den beiden Stahlsorten erwies sich der „Tiegel-Gußstahl" (6) widerstandsfähiger gegen den Einfluß der Kälte als der „Federstahl" (5). Bei dem letzteren ist es auffallend, daß seine Bruchfestigkeit schon bei — 20 C° den gleichen Werth (84,2 kg/qmm) erreichte, der sich für — 80 C° ergab (84,4 kg/qmm), während der Einfluß der Kälte auf die Streckgrenze und Bruchdehnung sich bis zu — 80 C° beständig steigerte; die fraglichen Werthe sind bei abnehmender Wärme für die Streckgrenze: 38,7—40,2 und 44,4 kg/qmm und für die Dehnung auf je 30 mm vom Bruch: 17,7—15,7 und 12,8 %.

Von Interesse ist es, den Einfluß der Kälte auf den Verlauf der Schaulinien oberhalb der Streckgrenze zu verfolgen. Bekanntlich tritt, besonders bei weichen Eisensorten, mit Steigerung der Spannung über die Streckgrenze ein molekularer Zustand des Materiales ein, der mit „Fließen" bezeichnet wird. Am deutlichsten tritt dieser Zustand bei Ausführung des Zerreißversuches auf einer solchen Maschine zu Tage, in der sich die äußere Belastung des Stabes bei gleichbleibender Arbeitsgeschwindigkeit des Spannwerkes (des Kolbens oder der Spannschraube) also auch bei gleichbleibender Dehnungsgeschwindigkeit entsprechend der Summe der im Stabe herrschenden inneren Spannungen selbstthätig regelt. Das Fließen ist dann dadurch gekennzeichnet, daß die Belastung in Folge mehr oder weniger plötzlich eintretender starker Dehnung des Stabes längere Zeit hindurch entweder wenig oder garnicht wächst oder sogar abnimmt, wenn die gleichbleibende Arbeitsgeschwindigkeit hinreichend klein ist.

Die von der Maschine aufgezeichnete Schaulinie mit den Dehnungen als Abscissen verläuft dementsprechend innerhalb einer bestimmten Länge entweder solange parallel zur Abscissenachse oder fällt nach dieser Achse hin ab, bis die innere Spannung bei der gegebenen Dehnungsgeschwindigkeit wieder zunimmt.

Eine endgültige Erklärung für die Ursache dieser eigenartigen Erscheinung des Fließens und für das hierauf folgende Wiederansteigen der Spannung ist meines Wissens noch nicht gefunden; in Betracht gezogen sind folgende Umstände. Nach Thurston soll während des Fließens ein Langstrecken der eingeschlossenen Blasenräume stattfinden. Osmond und Werth[1]) führen das nochmalige Ansteigen der Spannung nach dem Fließen auf ein Härterwerden des Materials zurück und erblicken in dieser Erscheinung beim Flußeisen zugleich einen Beweis dafür, daß durch Strecken eine theilweise Umwandlung des α-Eisens mit chemisch gebundenem Kohlenstoff in β-Eisen mit freiem Kohlenstoff (Härtungskohle) hervorgerufen wird[2]). Diese Annahme soll dadurch noch glaubwürdiger erscheinen, daß die gehärteten oder sehr harten Flußeisensorten, welche von vornherein einen sehr erheblichen Prozentsatz des β-Eisens besitzen, diese Eigenthümlichkeit nicht zeigen.

Neuere Untersuchungen von Georges Charpy[3]), die sich auf Zugversuche mit mehr als 300 Eisen- und Stahlproben erstreckten, ergaben ebenfalls, daß die Fließerscheinung nur

[1]) Beitrag zur Zellentheorie der Eigenschaften des Flußeisens. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 109. — Stahl und Eisen 1886, S. 539.

[2]) Ledebur. Einige neue Untersuchungen und Theorien über die Formen des Kohlenstoffes im Eisen und Stahl. Stahl und Eisen 1886, S. 373.

[3]) Ledebur. Ueber die Formen des Eisens und Kohlenstoffs im Handelseisen. Stahl und Eisen 1895, S. 459.

bei ausgeglühten Versuchsstücken eintrat, nicht aber bei in Wasser abgelöschten oder durch Bearbeitung in gewöhnlichen Wärmegraden gehärteten Stäben. Charpy schließt aus dieser Beobachtung wie Osmond und Werth, daß das Eisen beim Fließen in eine andere Form übergehe und daß daher zugleich auch eine Aenderung der übrigen Eigenschaften des Metalles stattfinden müsse. Um dies zu beweisen, stellte Charpy folgende weitere Versuche an. Immer von vier Stäben des gleichen Materials wurde der erste bis zur Streckgrenze, der zweite bis zur Beendigung des Fließens und die beiden letzten mit höheren aber unterhalb des Bruches gelegenen Belastungen angestrengt, entlastet, magnetisirt und dann wurde der bleibende Magnetismus nach 24 Stunden ermittelt. In Tab. 5 sind die Werthe einer solchen Versuchsreihe als Beispiel wiedergegeben. Die größte Zunahme an bleibendem Magnetismus zwischen zwei aufeinander folgenden Stäben zeigt der Stab 2. Hiernach ist also die größte Veränderung des Materials thatsächlich während des Fließens eingetreten, während die höheren Belastungen die Eigenschaft, bleibenden Magnetismus anzunehmen, nicht mehr wesentlich beeinflußten. —

Tabelle 5. **Einfluß des Streckens unter Zugbelastung auf die Fähigkeit von Eisen bleibenden Magnetismus anzunehmen.**

Material: Flußeisen mit 0,12 % Kohlenstoff.

Stab Nr.	Beim Zugversuch belastet		Streckung	Maß für den bleibenden Magnetismus
	Spannung kg/qmm	Spannungszustand	%	
1	34,2	Streckgrenze	0,2	4
2	34,3	Ende des Fließens	2,7	11
3	35,5	Zwischen Ende des Fließens und Bruch	4,7	13,5
4	41,1		6,8	14,5

Welche Ursache nun auch immer der besprochenen Fließerscheinung zu Grunde liegen mag, jedenfalls hat man, wenn alle Versuche mit gleicher Dehnungsgeschwindigkeit ausgeführt wurden, wie es bei den vorliegenden Versuchsreihen in hinreichendem Maße der Fall war, in der Länge l der Schaulinie (s. Fig. 9), zwischen dem Punkt für die Streckgrenze und dem erneuten Ansteigen nach dem Fließen[1]) ein Maß für das Fließen des Materials an der Streckgrenze unter den gegebenen Versuchsbedingungen.

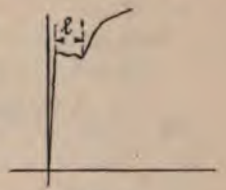


Fig. 9.

Um nun festzustellen, welchen Einfluß die Kälte auf die Länge l der Schaulinie bei den untersuchten Eisen- und Stahlsorten hatte, sind zunächst in Fig. 10 (S. 210) die Schaulinien aus den Zugversuchen für die verschiedenen Materialien gruppenweise zusammengestellt und zwar ist in jeder Gruppe immer je eine Linie für die drei angewendeten Wärmegrade wiedergegeben. Bei der Aufzeichnung der drei Linien übereinander sind ihre Abscissenachsen immer um 5 mm gegen einander verschoben und die Dehnungen bis zur Streckgrenze vernachlässigt, sodaß also die Punkte für den Beginn des Fließens auf dieselbe Ordinate entfallen.

Am deutlichsten tritt der Einfluß der Kälte auf die Länge l der Schaulinien an den Liniengruppen 5 und 6 zu Tage. Die unterste Linie (für Zimmerwärme) steigt in beiden

[1]) Für Stäbe, bei denen die Belastung während des Fließens wieder abgefallen ist, wird man die Länge der Schaulinie von der Streckgrenze bis zu dem Punkt in Betracht zu ziehen haben, dessen Ordinate (Belastungsgröße) der zuvor erreichten größten Ordinate gleichkommt.

Gruppen auch oberhalb der Streckgrenze, wenn auch in einer Kurve beständig an, während die Linien für — 20 C° und — 80 C° zunächst eine Strecke lang der Abscissenachse parallel verlaufen, die bei — 80 C° größer ist als bei — 20 C°.

Hiernach zeigten der Federstahl und Gußstahl bei Zimmerwärme kein Fließen an der Streckgrenze, wohl aber bei niederen Wärmegraden, und zwar das stärkste Fließen bei — 80 C°.

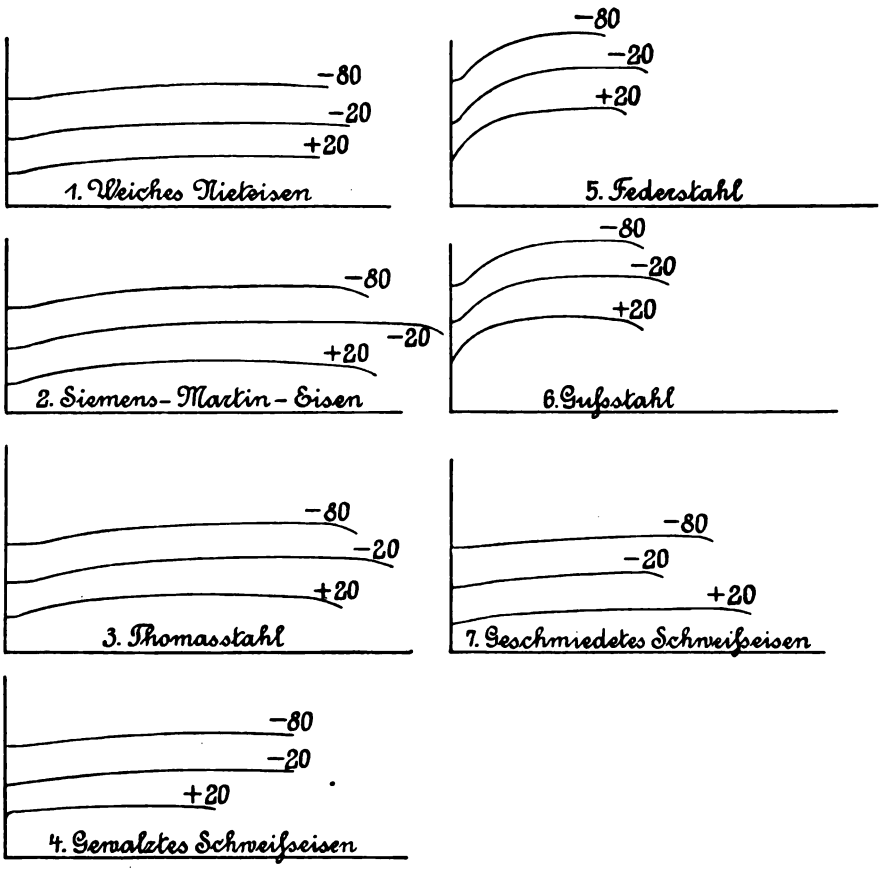


Fig. 10. Schaulinien aus den Zugversuchen.

Aehnlich, aber weniger scharf ausgeprägt, liegen die Verhältnisse bei dem gewalzten Schweißeisen (4), dagegen lassen die Schaulinien Gruppen 1—3 und 7 für die übrigen Materialien auch schon bei Zimmerwärme ein beträchtliches Fließen an der Streckgrenze erkennen, und die Steigerung des letzteren durch die Abkühlung der Proben tritt in dem unmittelbaren Vergleich der Schaulinien weniger deutlich hervor.

Um das Ergebniß in Zahlenwerthen auszudrücken, sind die Längen der wagerechten Strecken aller Schaulinien ausgemessen und die erhaltenen Werthe in Tab. 6 (S. 211) zusammengestellt. Aus den sich ergebenden Mittelwerthen und den hiernach aufgetragenen Schaulinien (Fig. 11, S. 211) geht hervor, daß das Fließen an der Streckgrenze bei allen untersuchten Eisen- und Stahlsorten mit zunehmender Abkühlung bis — 80 C° gesteigert wurde.

Tabelle 6. Länge des wagerechten Theiles l der Schaulinien an der Streckgrenze.

Material	1		2		3		4		5		6		7	
Versuchs-Wärme C°	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge	Stab Nr.	Länge
+ 18	1	2,5	10	1,2	19	1,2	28	0	37	0	46	0,2	55	1,0
	4	2,0	13	—	22	1,4	31	0	40	0	49	0,1	58	1,5
	Mittel	**2,3**	Mittel	**[1,2]**	Mittel	**1,3**	Mittel	**0**	Mittel	**0**	Mittel	**0,2**	Mittel	**1,3**
— 20	2	2,8	11	2,2	20	3,2	29	1,0	38	0,3	47	0,2	56	1,0
	5	3,5	14	2,8	23	4,0	32	2,5	41	0,2	50	0,9	59	1,0
	8	3,1	17	1,8	26	—	35	2,0	44	0,2	53	1,0	62	1,5
	Mittel	**3,1**	Mittel	**2,3**	Mittel	**[3,6]**	Mittel	**1,8**	Mittel	**0,2**	Mittel	**0,7**	Mittel	**1,2**
— 80	3	5,2	12	3,0	21	5,0	30	—	39	0,2	48	1,0	57	5,0
	6	4,2	15	3,2	24	5,2	33	3,6	42	1,0	51	1,2	60	(4,0)
	9	5,0	18	—	27	5,3	36	2,0	45	0	54	1,0	63	(9,0)
	Mittel	**4,8**	Mittel	**[3,1]**	Mittel	**5,2**	Mittel	**2,8**	Mittel	**0,4**	Mittel	**1,1**	Mittel	**(6,0)**

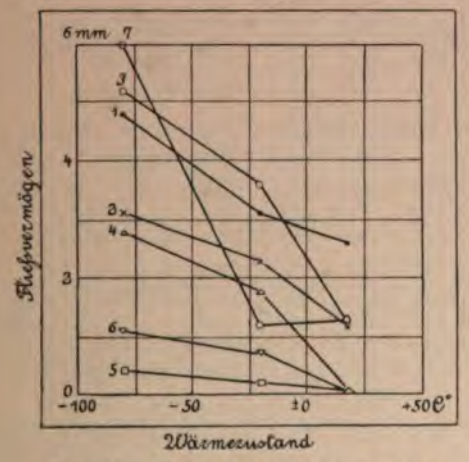


Fig. 11. Einfluß der Kälte auf das Fließen an der Streckgrenze.

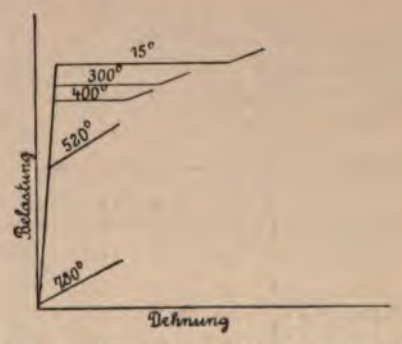


Fig. 12. Einfluß höherer Wärmegrade auf das Fließen an der Streckgrenze. (Nach Charpy.)

Im Hinblick auf das übereinstimmende Verhalten, welches diese sowohl hinsichtlich ihrer Herstellungsart als auch in Bezug auf ihre Festigkeitseigenschaften so außerordentlich verschiedenartigen Eisen- und Stahlsorten zeigten, dürfte man wohl berechtigt sein, die Steigerung des Fließens an der Streckgrenze durch die Abkühlung als bei Eisen und Stahl allgemein bestehend anzusehen. Alsdann ist es aber als Ergänzung dieses Ergebnisses von besonderem Interesse aus den bereits oben erwähnten Versuchen von Charpy (s. Fig. 12) entnehmen zu können, daß dieses Fließen, wenn es bei Zimmerwärme in ausgeprägter Weise besteht, mit zunehmender Erwärmung allmählich verschwindet. —

2. Die Ergebnisse der Stauchversuche sind in Tab. 7 zusammengestellt. Der Einfluß niederer Wärmegrade auf das Verhalten der untersuchten Eisensorten gegen Stauchen ergiebt sich aus dem Vergleich der prozentuellen Höhenverminderungen nach Aufnahme gleicher spezifischer Schlagarbeiten. Da nun die geringen Unterschiede in den Abmessungen der Probecylinder bei den angewendeten gleichen Gesammtschlagarbeiten immerhin Unterschiede von

Tabelle 7. Ergebnisse der Schlag-Stauchversuche.

Versuchs-Nr.	Wärme in C°	Abmessungen der Proben: Höhe mm	Durchmesser mm	Volumen ccm	Spezifische Schlagarbeit für je einen Schlag mkg/ccm	Höhenverminderung in % der ursprünglichen Höhe nach dem Schlage: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bemerkungen
1. Weiches Nieteisen (Schweißeisen), gezeichnet „N".																
1	+20	20,1	20,1	6,38	4,96	8,0[1]	13,9	17,9	21,9	24,9	27,9	30,3	32,6	35,3	37,8[5]	[1] Schweißfug
4		20,4	20,4	6,67	4,74	7,4[1]	12,7	17,6	21,6	25,0[4]	27,9	30,9	—	—	—	[2] Faltig mit rissen.
7		20,5	20,5	6,77	4,67	6,3	12,2	16,6	19,5	23,4	26,3	28,8	31,7	34,2	35,6	[3] Faltig.
		Mittel		**6,61**	**4,79**	**7,2**	**12,9**	**17,4**	**21,0**	**24,4**	**27,4**	**30,0**	[**32,3**]	[**34,8**]	[**36,7**]	[4] Abblätterun
						4,79	*9,58*	*14,37*	*19,16*	*23,95*	*28,74*	*33,53*	*38,32*	*43,11*	*47,9*	
2	−20	20,6	20,5	6,80	4,65	6,8	12,1[1]	16,0	19,4	22,3	24,8	27,7	29,6	31,6	—	[1] Faltig mit
5		20,5	20,5	6,77	4,67	6,8	11,7	16,1	20,0	22,9	25,4	28,3[3]	30,2	—	—	blätterung
8		20,5	20,4	6,70	4,72	6,3	11,7	15,6	19,0	22,4	24,9	27,8	29,8	31,7	—	[3] Feine Läng
		Mittel		**6,76**	**4,68**	**6,6**	**11,8**	**15,9**	**19,5**	**22,5**	**25,0**	**27,9**	**29,9**	[**31,7**]	—	
						4,68	*9,36*	*14,04*	*18,72*	*23,40*	*28,08*	*32,76*	*37,44*	*42,12*	—	
3	−80	20,4	20,5	6,73	4,70	4,4	9,8	13,2	14,7	18,6	21,6	23,5	25,5	27,0	28,9[1]	[1] Starke Lä
6		20,0	20,0	6,28	5,04	4,5	8,0	12,0	15,0	18,0[3]	20,5	23,0[3]	—	—	—	falten.
9		20,5	20,4	6,70	4,72	5,9	9,8	13,2	15,1	20,5	22,9	24,9	27,3	28,8	30,2[4]	[2] Schwach fa
		Mittel		**6,57**	**4,82**	**4,9**	**9,2**	**12,8**	**14,9**	**19,0**	**21,7**	**23,8**	[**26,4**]	[**27,9**]	[**29,6**]	[3] Anrisse. [4] Stark fal offener Sc
						4,82	*9,64*	*14,46*	*19,28*	*24,10*	*28,92*	*33,74*	*38,56*	*43,38*	*48,2*	naht.
2. Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen), gezeichnet „Krupp".																
10	+20	13,0	13,0	1,73	4,95	7,7	13,1	18,5	20,8	25,4	28,5	31,5	33,1	35,4[1]	—	[1] Krispelig.
13		13,0	13,0	1,73	4,95	3,1	12,3	16,9	20,8	24,6	26,9	29,2[1]	32,3	—[2]	—	[2] Einseitiger Schlag.
16		13,0	13,2	1,82	4,70	8,3	12,8	17,3	21,1	24,8	28,6	30,8	33,1	36,1	38,4	
		Mittel		**1,76**	**4,87**	**6,4**	**12,7**	**17,6**	**20,9**	**24,9**	**28,0**	**30,5**	**32,8**	[**35,8**]	[**38,4**]	
						4,87	*9,74*	*14,61*	*19,48*	*24,35*	*29,22*	*34,09*	*38,96*	*43,83*	*48,70*	
11	−20	13,1	13,1	1,77	4,84	6,9	9,9	16,0	19,8	22,9	25,9	29,0[1]	31,3	33,6	35,1	[1] Prellschlag
14		12,8	13,0	1,70	5,04	6,2	11,7	16,4	20,3	23,4[1]	26,6	29,7	31,2[2]	—	—	[2] Krispelig.
17		13,1	13,0	1,74	4,92	7,6	16,8	20,6[2]	23,7	25,9	28,2	30,5	32,8	35,1	35,9	
		Mittel		**1,74**	**4,93**	**6,9**	**12,8**	**17,7**	**21,3**	**24,1**	**26,9**	**29,7**	**31,8**	[**34,4**]	[**35,5**]	
						4,93	*9,86*	*14,79*	*19,72*	*24,65*	*29,58*	*34,51*	*39,44*	*44,37*	*49,3*	
12	−80	13,0	13,0	1,73	4,95	5,4	10,8	14,6	17,7	20,0	23,8	25,4	27,7	29,2	30,8[1]	[1] Krispelig.
15		13,0	12,9	1,70	5,04	4,6	8,5	12,3	15,4	18,5	20,8[1]	23,1	25,4	26,9	29,2	
18		13,0	13,0	1,73	4,95	6,2	10,8	13,8	17,7	20,8	23,1	24,6	26,9	28,5	31,5[1]	
		Mittel		**1,72**	**4,98**	**5,4**	**10,0**	**13,6**	**16,9**	**19,8**	**22,6**	**24,4**	**26,7**	**28,2**	**30,5**	
						4,98	*9,96*	*14,94*	*19,92*	*24,90*	*29,88*	*34,86*	*39,84*	*44,82*	*49,8*	
3. Gewalzter Schiffbaustahl (Thomasstahl von Rothe Erde), gezeichnet „Rothe Erde".																
19	+20	13,1	13,1	1,77	4,84	8,4	13,0	17,5[1]	20,6	24,4	27,5	29,0	32,1	33,6	—	[1] Krispelig.
22		13,1	13,1	1,77	4,84	7,6	13,0[1]	17,5	20,6	24,4	26,7	29,0	31,3	33,6	35,1	
25		13,1	13,1	1,77	4,84	7,6	13,7	17,5	21,4	24,4	27,5	29,8	32,1	34,3	—	
		Mittel		**1,77**	**4,84**	**7,9**	**13,2**	**17,5**	**20,9**	**24,4**	**27,2**	**29,3**	**31,8**	**33,8**	[**35,1**]	
						4,84	*9,68*	*14,52*	*19,36*	*24,20*	*29,04*	*33,88*	*38,72*	*43,56*	*48,40*	
20	−20	13,1	13,1	1,77	4,84	6,9	12,2	16,8	19,8	22,9	27,5	29,8	32,1	33,6	35,1[1]	[1] Krispelig.
23		13,0	13,0	1,73	4,95	5,4	10,8	15,4	19,2[1]	22,3	25,4	26,9	29,2	30,8[2]	—	[2] Prellschlag
26		13,1	13,1	1,77	4,84	7,6	12,2	16,8	19,8	22,9	25,9	28,2	29,8[2]	32,1	34,3	
		Mittel		**1,76**	**4,88**	**6,6**	**11,7**	**16,3**	**19,6**	**22,7**	**26,3**	**28,3**	**30,4**	**32,2**	[**34,7**]	
						4,88	*9,76*	*14,64*	*19,52*	*24,40*	*29,28*	*34,16*	*39,04*	*43,92*	*48,80*	
21	−80	13,1	13,1	1,77	4,84	5,3	10,7[1]	14,5	17,5	20,6	22,9	25,2	27,5[2]	29,0	30,5	[1] Krispelig.
24		13,1	13,0	1,74	4,92	5,3	9,9	13,7	17,5	19,8	22,1[1]	24,4	26,7	28,2	29,8	[2] Prellschlag
27		13,0	13,1	1,75	4,89	5,4	10,8	14,6	17,7	20,8[3]	23,8	26,1	28,5	32,3	33,8	[3] Feine An
		Mittel		**1,75**	**4,88**	**5,3**	**10,5**	**14,3**	**17,6**	**20,4**	**22,9**	**25,2**	**27,6**	**29,8**	**31,4**	
						4,88	*9,76*	*14,64*	*19,52*	*24,40*	*29,28*	*34,16*	*39,04*	*43,92*	*48,80*	

Versuchs-Nr.	Wärme in C°	Abmessungen der Proben: Höhe mm	Durchmesser mm	Volumen ccm	Spezifische Schlagarbeit für je einen Schlag mkg/ccm	Höhenverminderung in % der ursprünglichen Höhe nach dem Schlage: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bemerkungen
4. Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktion, gezeichnet „W".																
28	+20	8,3	8,3	0,45	4,63	9,6[1]	15,7	20,5	25,3	28,9	32,5	34,9	38,6	39,8	—	[1] Längsfaltig.
31		8,1	8,1	0,42	4,96	9,9	13,6[1]	17,3	22,2	25,9[2]	29,6	—	—	—	—	[2] Rissig.
34		8,2	8,2	0,43	4,85	7,3[1]	14,6	18,3	23,2	28,0	31,7[4]	34,1	39,0	—	—	[3] Bruch.
		Mittel		0,43	4,81	8,9	14,6	18,7	23,6	27,6	31,3	[34,5]	[38,8]	[39,8]	—	[4] Abblätterungen.
						4,81	*9,62*	*14,43*	*19,24*	*24,05*	*28,86*	*33,67*	*38,48*	*43,29*	*48,10*	
29	−20	8,3	8,2	0,44	4,74	7,2	14,5	19,3	22,9	26,5	30,1	32,5	34,9	37,3	39,8[1]	[1] Anrisse.
32		8,2	8,2	0,43	4,85	6,1	9,8[2]	14,6[3]	17,1	20,7	22,0	24,4[4]	26,8	28,0	—	[2] Krispelig.
35		8,2	8,2	0,43	4,85	7,3[3]	13,4	18,3	22,0	25,6	29,3	31,7	34,1	36,6	39,0[4]	[3] Faltig.
		Mittel		0,43	4,81	6,9	12,6	17,4	20,7	24,3	27,1	29,5	31,9	33,9	[39,4]	[4] Abblätterungen.
						4,81	*9,62*	*14,43*	*19,24*	*24,05*	*28,86*	*33,67*	*38,48*	*43,29*	*48,10*	[5] Anrisse.
30	−80	8,3	8,2	0,44	4,74	9,6[1]	13,3[2]	16,9	22,9	26,5	30,1	33,7	36,1	38,6	41,0	[1] Faltig.
33		8,2	8,2	0,43	4,85	4,9[1]	11,0	14,6	19,5	20,7	24,4	26,8	29,3	31,7	—	[2] Krispelig.
36		8,1	8,0	0,41	5,08	7,4	11,1[2]	16,0	21,0	24,7	28,4	30,9	34,6	35,8	38,3	
		Mittel		0,43	4,89	7,3	11,8	15,8	21,1	24,0	27,6	30,5	33,3	35,4	[39,7]	
						4,89	*9,78*	*14,67*	*19,56*	*24,45*	*29,34*	*34,23*	*39,12*	*44,01*	*48,9*	
5. Federstahl, gezeichnet „FS".																
37	+20	20,5	20,4	6,70	18,78	14,1[1]	23,9	31,7	38,0	42,9	46,3	49,8	52,2	54,1	—	[1] Krispelig.
40		20,3	20,3	6,57	19,15	13,8	24,1[1]	32,5	38,4	42,9	46,8	50,2	52,7	54,2	—	
43		20,4	20,4	6,67	18,86	14,2	24,0[1]	31,4	37,7	42,2	46,1	49,0	52,0	54,4	—	
		Mittel		6,65	18,93	14,0	24,0	31,9	38,0	42,7	46,4	49,7	52,3	54,2	—	
						18,93	*37,86*	*56,79*	*75,72*	*94,65*	*113,58*	*132,51*	*151,44*	*170,37*	—	
38	−20	20,4	20,4	6,67	18,86	13,2	22,5[1]	30,4	36,3	40,7	43,6	46,6	49,5	52,0	—[2]	[1] Krispelig.
41		20,2	20,2	6,47	19,44	12,9	22,8[1]	30,7	36,6	41,6	46,0	49,0	52,5	54,0	—	[2] Prellschlag.
44		20,4	20,4	6,67	18,86	13,2	22,5	30,4[1]	35,8	40,2	43,6	46,6	50,0	52,0	54,4	
		Mittel		6,60	19,05	13,1	22,6	30,5	36,2	40,8	44,4	47,4	50,7	52,7	[54,4]	
						19,05	*38,10*	*57,15*	*76,20*	*95,25*	*114,30*	*133,35*	*152,40*	*171,45*	*190,5*	
39	−80	20,4	20,4	6,67	18,86	12,7	21,6	28,9	34,8	39,2	42,6	45,6	48,5	50,5	51,5[1]	[1] Krispelig.
42		20,1	20,1	6,38	19,72	10,0	20,4	27,9	34,3	37,8	42,3	45,3	48,8	50,7	52,7[1]	
45		20,4	20,4	6,67	18,86	12,3	21,6	28,9	34,8	39,2	42,6	45,6	48,5	50,5	51,5	
		Mittel		6,57	19,15	11,7	21,2	28,6	34,6	38,7	42,5	45,5	48,6	50,6	51,9	
						19,15	*38,30*	*57,45*	*76,60*	*95,75*	*114,90*	*134,05*	*153,20*	*172,35*	*191,50*	
6. Gußstahl (Tiegelstahl), gezeichnet „TS".																
46	+20	19,9	19,9	6,19	20,32	16,1	27,1[1]	35,7	42,7	47,7	51,8	55,3	58,3	60,8	—	[1] Krispelig.
49		19,9	19,9	6,19	20,32	15,6	26,6	34,7[1]	41,7	46,7	51,3	54,8	57,8[2]	—	—	[2] Rissig.
52		19,8	19,8	6,10	20,62	15,7[1]	26,8	35,4	41,9	47,5	51,0	56,1	58,1	60,6	—	
		Mittel		6,16	20,42	15,8	26,8	35,3	42,1	47,3	51,4	55,4	58,1	[60,7]	—	
						20,42	*40,84*	*61,26*	*81,68*	*102,10*	*122,52*	*142,94*	*163,36*	*183,78*	—	
47	−20	20,0	20,0	6,28	20,03	15,0	26,0	34,0	40,5	44,5	49,0	51,5	55,0	57,5	59,5	[1] Krispelig.
50		20,0	20,0	6,28	20,03	15,5	26,0[1]	34,0	40,5	45,5	50,0	53,5[2]	—	—	—	[2] Rissig.
53		20,0	20,0	6,28	20,03	16,0	26,5	34,0	40,5	45,0	49,0	52,5	55,0	57,5	59,0	
		Mittel		6,28	20,03	15,5	26,2	34,0	40,5	45,0	49,3	52,5	[55,0]	[57,5]	[59,3]	
						20,03	*40,06*	*60,09*	*80,12*	*100,15*	*120,18*	*140,21*	*160,24*	*180,27*	*200,30*	
48	−80	19,9	19,9	6,19	20,32	13,6	23,1	30,7	36,7	41,2[1]	45,2	—	51,3	—	—	[1] Krispelig.
51		20,0	20,0	6,28	20,03	9,5	24,5	31,5	37,5	42,5	46,0	49,0	52,5	53,5	55,0[1]	
54		19,9	19,9	6,19	20,32	13,6	23,1	30,7	36,7	41,2	45,2	48,2	51,3	—	—	
		Mittel		6,22	20,22	12,2	23,6	31,0	37,0	41,6	45,5	[48,6]	51,7	[53,5]	[55,0]	
						20,22	*40,44*	*60,66*	*80,88*	*101,10*	*121,32*	*141,54*	*161,76*	*181,98*	*202,20*	

Versuchs-Nr.	Wärme in C°	Abmessungen der Proben: Höhe mm	Durchmesser mm	Volumen ccm	Spezifische Schlagarbeit für je einen Schlag mkg/ccm	Höhenverminderung in % der ursprünglichen Höhe nach dem Schlage: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bemerkungen
7. Geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen), gezeichnet „H".																
55	+20	20,1	19,8	6,19	5,11	9,0[1]	14,9	19,4[2]	23,4	27,4	30,3	32,8	35,8	—	—	[1]) Krispelig.
58		19,6	20,2	6,28	5,04	7,1	13,3[1]	18,4	22,4	26,5	30,1[3]	32,7	34,7	—	—	[2]) Faltig.
61		20,1	19,8	6,19	5,11	9,5	14,4	19,4	22,9[1]	27,4	30,3[3]	32,8	35,3	37,8[4]	—	[3]) Preßschlag.
		Mittel		**6,22**	**5,09**	**8,5**	**14,2**	**19,1**	**22,9**	**27,1**	**30,2**	**32,8**	**35,3**	**[37,8]**	—	[4]) Feine Risse.
						5,09	*10,18*	*15,27*	*20,36*	*25,45*	*30,54*	*35,63*	*40,72*	*45,81*	—	
56	−20	19,8	20,2	6,35	4,98	6,6	11,6	16,7	19,1[1]	23,2	25,8	31,3	33,8[2]	35,4	37,4	[1]) Krispelig.
59		20,5	20,2	6,57	4,82	11,2	16,1[3]	20,5[1]	24,9	27,8[4]	—	—	—	—	—	[2]) Grober Riß.
62		20,0	20,2	6,41	4,94	7,0	12,5	16,5	20,0	23,5	26,5	29,5	31,5	34,0	35,5	[3]) Faltig.
		Mittel		**6,44**	**4,91**	**8,3**	**13,4**	**17,9**	**21,5**	**24,8**	**[26,2]**	**[30,4]**	**[32,7]**	**[34,7]**	**[36,5]**	[4]) Auf beiden Oberflächen rissig.
						4,91	*9,82*	*14,73*	*19,64*	*24,55*	*29,46*	*34,37*	*39,28*	*44,19*	*49,10*	
57	−80	20,0	20,2	6,41	4,94	5,0	13,5	16,5	19,0[1]	21,5	24,0	25,5	28,5	—	—	[1]) Starke Abblätterungen.
60		19,8	20,1	6,28	5,04	6,1	11,2[2]	15,2[2]	19,2	21,7	24,7	27,3	29,3	31,3	33,3	[2]) Krispelig.
63		20,1	20,1	6,38	4,96	6,5	13,9	17,4	19,9[4]	22,9	25,4	27,4	—	—	—	[3]) Faltig.
		Mittel		**6,36**	**4,98**	**5,9**	**12,8**	**16,4**	**19,4**	**22,0**	**24,7**	**26,7**	**[28,9]**	**[31,3]**	**[33,3]**	[4]) Grobe Längsriß.
						4,98	*9,96*	*14,94*	*19,92*	*24,90*	*29,88*	*34,86*	*39,84*	*44,82*	*49,8*	

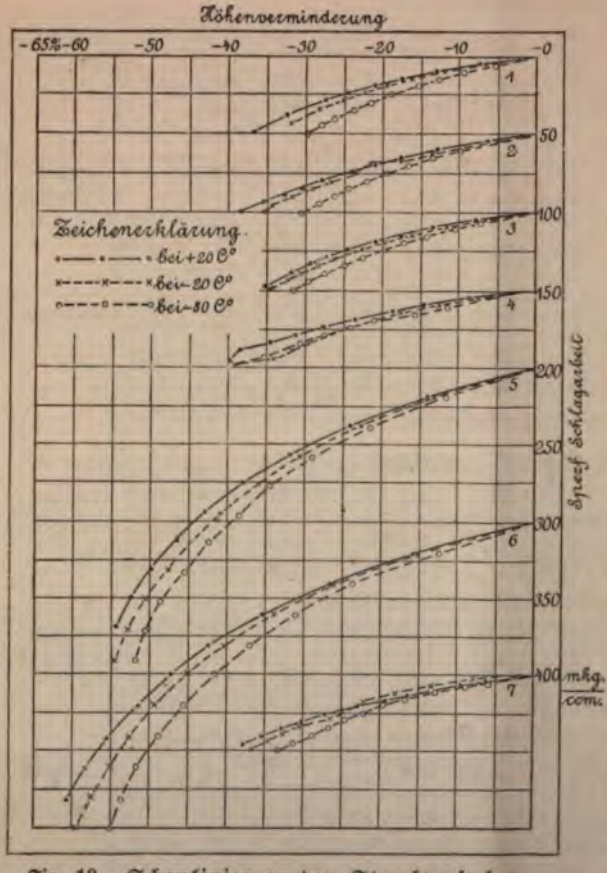


Fig. 13. Schaulinien zu den Stauchversuchen.

einigen Prozenten in der spezifischen Arbeitsleistung der einzelnen Schläge mit sich brachten, so sind den Mittelwerthen für die Höhenverminderung der drei zusammengehörigen Proben zum besseren Vergleich auch die Mittelwerthe für die zugehörige gesammte aufgenommene spezifische Schlagarbeit in liegender Schrift beigefügt. Ferner sind aus diesen beiden Mittelwerthen in Fig. 13 gruppenweise Schaulinien dargestellt, indem die spezifischen Schlagarbeiten als Ordinaten und die zugehörigen Höhenverminderungen als Abscissen aufgetragen wurden. Die so erhaltenen Punkte wurden zur Unterscheidung der drei Linien für dasselbe Material für Zimmerwärme voll ausgezogen für — 20 C° punktirt und für — 80 C° gestrichelt.

Diese Linien lassen in ihrem verschiedenartigen Verlauf den Einfluß der Kälte unmittelbar erkennen. Je steiler sie abfallen, d. h. je kleiner die Abscissen bei gleichen Ordinaten sind, desto widerstandsfähiger gegen Formänderungen

erwies sich das Material. Nun folgen die Linien in den einzelnen Gruppen stets so aufeinander, daß die Linie für Zimmerwärme (ausgezogen) am meisten nach links und diejenige für — 80 C° (gestrichelt) am meisten nach rechts gelegen ist. Hieraus ergiebt sich zunächst allgemein, daß die untersuchten Materialien ihre Form unter gleichen Schlagarbeiten um so weniger änderten, je mehr sie abgekühlt waren, daß das Material also durch die Kälte an Formänderungsfähigkeit beim Stauchen einbüßte.

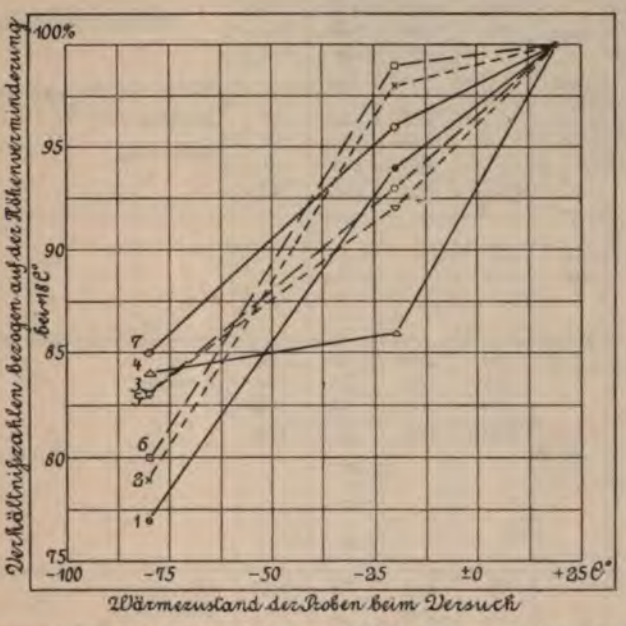


Fig. 14. Aenderung der Höhenverminderung bei Stauchversuchen durch Abkühlung bis auf — 80 C°.

Um festzustellen, in welchem Grade dieser Einfluß der Kälte bei den verschiedenen Eisen- und Stahlsorten bestand, hat man in Betracht zu ziehen, wie sich die Höhenverminderungen bei den drei Wärmegraden aber für gleiche spezifische Schlagarbeiten verhielten. Zu diesem Zweck sind die Höhenverminderungen für die Schlagarbeiten von 10, 20, 30 und 40 mkg/ccm aus den Ausgleichlinien, die sich für die in Fig. 13 enthaltenen Auftragungen ergeben, ermittelt und dann für die Höhenverminderungen bei gleichen Schlagarbeiten Verhältnißzahlen gebildet, indem die für + 18 C° erhaltenen Werthe gleich 100 gesetzt wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. 8 (S. 218) zusammengestellt und in Fig. 14 zu Schaulinien aufgetragen.

Nach den Mittelwerthen ergeben sich, zumal wenn man von den unsicheren Werthen für das Material 4 absieht, überhaupt nur geringe Unterschiede in dem Einfluß der Kälte auf die Stauchfähigkeit der verschiedenen Materialien. Die Verhältnißzahlen schwanken bei — 20 C° zwischen 92 und 99 % und bei — 80 C° zwischen 77 und 85 %; der Unterschied beträgt also nur 7—8 %, während der Einfluß der Kälte an sich bis zu 8 % bei — 20 C° und bis zu 23 % bei — 80 C° ausmacht.

Ordnet man die untersuchten Materialien nach steigendem Einfluß der Kälte auf die Bruchdehnung beim Zerreißversuch (Fig. 8) und auf die Stauchfähigkeit, so erhält man die in Tab. 9 (S. 218) angegebenen Reihenfolgen.

Tabelle 10. Ergebnisse

Bemerkung: Mit den Materialien 1—3 wurden je 2 Versuchsreihen bei —20 C° und —80 C° ausgeführt. ohne Unterbrechung durchgeführt (s. Seite 203).

Material	Wärmezustand beim Versuch		+ 20 C°							
	Abmessungen		Probe Nr.	Biegungswinkel W°	Radius der neutralen Faser ϱ mm	Biegegröße $Bg = 50\,\delta/\varrho$	Bemerkungen	Probe Nr.	Biegungswinkel W°
	Durchmesser oder Dicke δ mm	Breite mm							
1. Weiches Nieteisen (Schweißeisen)	26	—	1	180	15,0	87	Unverletzt.	2	180
			4	180	14,0	93	Feine Anrisse.	5	180
			7	180	16,0	81	Feine Anrisse.	8	180
			Mittel	**180**	**15,0**	**87**		Mittel	**180**
			—	—	—	—	—	2a	180
								5a	180
								8a	180
								Mittel	**180**
2. Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen)	14	30	10	180	7,0	100	Unverletzt.	11	180
			13	180	7,0	100	Unverletzt.	14	180
			16	180	7,0	100	Unverletzt.	17	180
			Mittel	**180**	**7,0**	**100**		Mittel	**180**
			—	—	—	—	—	11a	180
								14a	180
								17a	180
								Mittel	**180**
3. Gewalzter Schiffbaustahl (Thomasstahl von „Rothe Erde")	14	30	19	180	7,0	100	Unverletzt.	20	180
			22	180	7,0	100	Feine Anrisse.	23	180
			25	180	7,0	100	Unverletzt.	26	180
			Mittel	**180**	**7,0**	**100**		Mittel	**180**
			—	—	—	—	—	20a	180
								23a	180
								26a	180
								Mittel	**180**
4. Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktion	9,5	30	28	180	14,8	32	Feine Anrisse.	29	180
			31	180	10,8	44	Grobe und zahlreiche feine Anrisse.	32	180
			34	180	14,8	32	Feine Anrisse.	35	175
			Mittel	**180**	**13,5**	**36**		Mittel	**178**
5. Federstahl	15	—	37	94	27,5	27	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: körnig, krystallinisch.	38	76
			40	87	27,5	27	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: körnig, krystallinisch.	41	90
			43	92	27,5	27	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: körnig, krystallinisch.	44	85
			Mittel	**91**	**27,5**	**27**		Mittel	**84**
6. Gußstahl (Tiegelstahl)	15	—	46	180	11,5	65	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: hellgrau, glänzend, feinkörnig.	47	180
			49	180	11,5	65	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: hellgrau, glänzend, feinkörnig.	50	180
			52	180	13,5	56	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: hellgrau, glänzend, feinkörnig.	53	180
			Mittel	**180**	**12,2**	**62**		Mittel	**180**
7. Geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen)	25	—	55	131	30,5	41	Zahlreiche feine Anrisse.	56	147
			58	143	21,5	58	Feine Anrisse.	59	121
			61	177	15,5	81	Feine Anrisse.	62	149
			Mittel	**150**	**22,5**	**60**		Mittel	**139**

der Biegeproben.

Bei den ersten Reihen fand zweimaliges Durchkälten der Proben statt, bei den zweiten Reihen wurden die Versuche

— 20 C°			— 80 C°				
Radius der neutralen Faser ϱ mm	Biegegröße $Bg = 50\,d/\varrho$	Bemerkungen	Probe Nr.	Biegungswinkel W°	Radius der neutralen Faser ϱ mm	Biegegröße $Bg = 50\,d/\varrho$	Bemerkungen
13,0	100	Pore aufgesprungen.	3	180	14,0	93	Anbruch.
13,0	100	Unverletzt.	6	180	14,0	93	Unverletzt.
13,5	96		9	180	15,0	87	Bruch; Gefüge: feinkörnig, krystallinisch, eben.
13,2	**99**		Mittel	**180**	**14,3**	**91**	
13,0	100	Unverletzt.	3 a	170	15,0	87	Bruch; Gefüge: halb sehnig, halb körnig, getrennt durch Schweißnaht.
13,0	100	Kleiner Riß.	6 a	180	13,0	100	Feine Risse.
13,0	100	Unverletzt.	9 a	180	13,0	100	Unverletzt.
13,0	**100**		Mittel	**177**	**13,7**	**96**	
7,5	93	Unverletzt.	12	180	7,0	100	Unverletzt.
7,0	100		15	180	7,5	93	
7,0	100		18	180	7,0	100	
7,2	**98**		Mittel	**180**	**7,2**	**98**	
8,0	88	Unverletzt.	12 a	180	8,0	88	Unverletzt.
8,0	88		15 a	180	8,0	88	
8,0	88		18 a	180	9,0	78	
8,0	**88**		Mittel	**180**	**8,3**	**85**	
8,5	82	Unverletzt.	21	180	8,0	88	Unverletzt.
8,5	82		24	180	8,0	88	
8,5	82		27	180	8,0	88	Feine Risse.
8,5	**82**		Mittel	**180**	**8,0**	**88**	
8,0	88	Unverletzt.	21 a	180	9,0	78	Unverletzt.
8,0	88		24 a	180	9,0	78	
8,0	88		27 a	180	8,0	88	
8,0	**88**		Mittel	**180**	**8,7**	**81**	
14,8	32	Feine Anrisse.	30	180	10,8	44	Bruch; Gefüge: theils hellgrau schuppig, theils körnig glänzend.
12,8	37		33	180	11,8	40	Grobe Risse.
12,8	37		36	180	12,8	37	Zahlreiche feine Risse.
13,5	**35**		Mittel	**180**	**11,8**	**40**	
22,5	33	Vollständig gebrochen; Bruchfläche: körnig, krystallinisch.	39	72	32,5	23	Bruch; Gefüge: körnig, krystallinisch.
25,5	29		42	73	27,5	27	
27,5	27		45	61	32,5	23	
25,2	**30**		Mittel	**69**	**30,8**	**24**	
11,5	65	Vollständig gebrochen; Bruchfl.: hellgrau, glänzend, feinkörnig.	48	170	15,5	48	Bruch; Gefüge: hellgrau, glänzend feinkörnig.
11,5	65		51	170	15,5	48	
9,5	79	Vollständig gebrochen; Bruchfl.: sehr feinkörnig, dicht, eben.	54	135	19,5	38	
10,8	**70**		Mittel	**158**	**16,8**	**45**	
18,5	68	Feine Anrisse.	57	131	16,5	76	Feine Risse.
21,5	58		60	135	16,5	76	
15,5	81		63	91	32,5	38	
18,5	**69**		Mittel	**119**	**21,8**	**63**	

Tabelle 8. Einfluß der Abkühlung auf die Höhenverminderung der Stauchproben bei gleichen spezifischen Schlagarbeiten.

Material	Wärmezustand bei der Prüfung C°	Aus den Schaulinien Fig. 13 entnommene Höhenverminderungen nach den Schlagarbeiten in mkg/ccm				Verhältniß der Höhenverminderungen bei niederen Wärmegraden zu derjenigen bei Zimmerwärme, letztere gleich 100 gesetzt, bei den Schlagarbeiten in mkg/ccm				
		10	20	30	40	10	20	30	40	im Mittel
1. Weiches Nieteisen (Schweißeisen), gezeichnet „N"	+ 18	13,2	21,5	28,1	33,2	100	100	100	100	**100**
	— 20	12,4	20,4	26,2	31,0	94	95	93	93	**94**
	— 80	9,5	16,6	22,0	27,0	72	77	78	81	**77**
2. Gewalzter Schiffbaustahl (Siemens-Martin-Flußeisen)	+ 18	12,8	21,5	28,3	33,3	100	100	100	100	**100**
	— 20	12,8	21,5	27,0	32,0	100	100	95	96	**98**
	— 80	10,0	17,0	22,5	26,7	78	79	79	80	**79**
3. Desgl. Thomasstahl von „Rothe Erde"	+ 18	13,5	21,4	27,5	32,4	100	100	100	100	**100**
	— 20	12,0	20,0	25,8	30,7	89	94	94	95	**93**
	— 80	10,5	17,9	23,1	27,8	78	84	84	86	**83**
4. Gewalztes Schweißeisen für Baukonstruktionen	+ 18	15,3	24,2	32,3	—	100	100	100	100	**100**
	— 20	13,0	21,4	27,5	—	85	88	85	—	(86)
	— 80	12,2	21,0	27,6	—	80	87	85	—	(84)
5. Federstahl	+ 18	7,8	14,7	20,2	25,0	100	100	100	100	**100**
	— 20	7,0	13,5	18,8	23,5	90	92	93	94	**92**
	— 80	6,1	12,0	17,2	22,0	78	82	85	88	**83**
6. Gußstahl	+ 18	8,3	15,5	21,5	26,5	100	100	100	100	**100**
	— 20	8,3	15,5	21,0	26,0	100	100	98	98	**99**
	— 80	6,0	12,0	17,8	23,3	72	77	83	88	**80**
7. Geschmiedetes Schweißeisen (Hammereisen)	+ 18	13,8	22,8	29,7	35,1	100	100	100	100	**100**
	— 20	13,5	21,6	27,8	—	98	95	94	—	(96)
	— 80	12,2	19,5	24,5	28,9	88	86	83	82	**85**

Tabelle 9. Einordnung der Materialien nach steigendem Einfluß der Kälte auf die Bruchdehnung beim Zerreißversuch und auf die Stauchfähigkeit.

Wärmezustand beim Versuch in C°	Eingeordnet nach dem Einfluß auf	Nummerfolge für die Materialien						
— 20	Bruchdehnung	7	4	2	6	3	1	5
	Stauchfähigkeit	6	2	(7)	1	3	5	(4)
— 80	Bruchdehnung	7	4	3	1	6	2	5
	Stauchfähigkeit	7	(4)	3	5	6	2	1

Hiernach ergiebt sich für den Wärmezustand von — 80 C° eine fast vollständige Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Zug- und Stauchproben, während die Ergebnisse bei — 20 C° außerordentlich stark von einander abweichen.

3. Bei den Biegeproben (Tab. 10, S. 216 u. 217) dient die Biegegröße Bg und der Biegungswinkel W als Vergleichswerth zur Beurtheilung des Einflusses der Kälte auf die Materialeigenschaften, ferner ist in Betracht zu ziehen, ob die Proben bis zur vollendeten Biegung unverletzt blieben, Anbrüche erlitten oder gar vollständig durchbrachen.

Unter Berücksichtigung dieser Umstände folgt aus den in Tab. 10 enthaltenen Ergebnissen, daß die Abkühlung auf — 20 C° im Allgemeinen nur einen geringen Einfluß auf die Biegsamkeit der untersuchten Eisensorten ausübte.

Der Biegungswinkel (W) ging nur beim Federstahl (5) von 91° auf 84° und beim Hammereisen (7) von 150° auf 139° zurück, während die Proben aus den übrigen Materialien sich auch bei — 20 C° wie bei Zimmerwärme um 180 C°, d. h. bis zur parallelen Lage der beiden Schenkel zusammenbiegen ließen.

Die Biegegröße (Bg) war sogar bei — 20 C° zum Theil größer als bei Zimmerwärme und nur bei dem Siemens-Martineisen (2) und dem Thomasstahl war sie von 100 auf 88 zurückgegangen.

Auch das Aussehen der Proben an der Biegestelle ließ keine Veränderung der Materialeigenschaften durch die Abkühlung auf — 20 C° wahrnehmen.

Die Abkühlung auf — 80 C° blieb bei dem weichen Nieteisen (1) und bei dem gewalzten Schweißeisen (4) ebenfalls ohne erhebliche Nachtheile auf die Biegsamkeit der Probestreifen, bei allen übrigen Materialien litt die Biegsamkeit jedoch durch die tiefere Kälte.

Am deutlichsten tritt dies Ergebniß in der Abnahme der Biegegröße zu Tage beim Federstahl (5), Gußstahl (6) und beim Hammereisen (7), zugleich auch im geringeren Biegungswinkel. Am meisten litt die Biegsamkeit durch die Kälte beim Gußstahl (6) und beim Federstahl (5), beim Siemens-Martin- und Thomaseisen etwa in gleichem Grade und am wenigsten bei den drei Schweißeisensorten.

---

2. Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung W. Herzberg.

In Heft 6 der „Mittheilungen" 1894 wurden die Versuchsergebnisse der Prüfung von 35 in verschiedenen Papiergeschäften Berlins und seiner Vororte aufgekauften Papiere mitgetheilt; wie noch erinnerlich sein wird, handelte es sich für die Versuchsanstalt bei Vornahme jener Prüfung darum, die Richtigkeit der von Abel aufgestellten Behauptung zu prüfen, daß im Papier-Kleinhandel das Verständniß für wirklich gute Papiere vielfach fehle, und daß man daher auch beim Fordern bester Papiere vorwiegend solche erhält, welche diese Bezeichnung nicht verdienen.

Das Ergebniß der oben erwähnten Prüfung bestätigte Abels Behauptung; von insgesammt 35 als gute und beste Aktenpapiere geforderten Proben konnten nur 6 = 17 % als gute Aktenpapiere bezeichnet werden, während 29 Papiere = 87 % sich zur dauernden Aufbewahrung in den Akten nicht geeignet erwiesen; es gehörten

1	Papier	=	rund	3 %	zur Verwendungsklasse	1
1	„	=	„	3 %	„ „	2a
1	„	=	„	3 %	„ „	2b
2	„	=	„	5 %	„ „	3a
1	„	=	„	3 %	„ „	3b
9	„	=	„	26 %	„ „	4a
1	„	=	„	3 %	„ „	4b
19	„	=	„	54 %	„ „	6

Ergebnisse der Untersuchung von weiteren 35 in

Lfd. Nr.	Beim Einkauf gefordert als	Gekauft in	Preis der gekauften Bogen	Preis bei gleichzeitiger Entnahme von 1000 Bogen ℳ	Gewicht von 1000 Bogen, berechnet aus dem Gewicht von 10 Bogen kg	Preis für 1 kg in Pf.
						Verwendungs-
						(Stoffklasse I,
			Für besonders wichtige, auf lange Auf-			
1	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin SW.	10 Bg. = 0,30 ℳ	22,00	15,8	139
						Verwendungs-
						(Stoffklasse I,
			Für Urkunden, Standesamtsregister,			
2	Dokumentenpapier	Berlin C.	10 Bg. = 0,30 ℳ	23,00	13,3	173
3	Gutes Akten-Schreibpapier	„ W.	12 „ = 0,40 „	33,00	13,4	246
4	Bestes Urkundenpapier	„ C.	10 „ = 0,25 „	19,00	14,2	134
						Verwendungs-
						(Stoffklasse I,
			Für Urkunden, Standesamtsregister,			
5	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin W.	10 Bg. = 0,20 ℳ	17,00	12,8	133
6	Recht haltbares Schreibpapier	„ W.	12 „ = 0,40 „	30,00	13,9	216
7	Bestes Urkundenpapier	Charlottenburg	10 „ = 0,35 „	27,50	13,7	200
8	Dokumentenpapier	Berlin W.	10 „ = 0,60 „	50,00	16,3	307
9	Gutes Schreibpapier	„ C.	12 „ = 0,40 „	28,00	13,9	201
						Verwendungs-
						(Stoffklasse II,
			Für das zu dauernder Aufbewahrung bestimmte			
10	Bestes Urkundenpapier	Berlin W.	10 Bg. = 0,35 ℳ	30,00	14,4	208
11	Gutes Akten-Schreibpapier	„ NW.	10 „ = 0,20 „	12,00	14,8	81
						Verwendungs-
						(Stoffklasse III. Reißlänge 3500 m, Dehnung
			Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und			
						Mundir- und
12	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin NW.	12 Bg. = 0,40 ℳ	18,00	14,5	124
						Verwendungs-
						(Stoffklasse III,
			Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und nur			
13	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin NW.	12 Bg. = 0,30 ℳ	—	14,2	176
						Verwendungs-
						(Stoffklasse
			Für Papiere, welche zu untergeordneten Zwecken im täglichen Verkehr nicht gestellt werden, kann ohne besondere Rücksicht			
14	Bestes Konzeptpapier	Berlin W.	10 Bg. = 0,15 ℳ	12,00	14,5	83
15	Dokumentenpapier	„ O.	12 „ = 0,30 „	23,00	15,4	149
16	Recht haltbares Schreibpapier	„ O.	10 „ = 0,25 „	20,00	17,3	116

Berliner Papierhandlungen aufgekauften Papiersorten.

Farbe und Durchsicht	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
Klasse 1.							
Festigkeitsklasse 1.)							
bewahrungsdauer berechnete Urkunden.							
weiß, wolkig	6200	5,3	sehr groß	Baumwolle, Zusatz Leinen	1,3	leimfest	Normal 1.
Klasse 2a.							
Festigkeitsklasse 2.)							
Geschäftsbücher u. s. w. für erste Sorte.							
weiß, wolkig	5350	4,3	sehr groß	Leinen und Baumwolle	1,0	leimfest	—
weiß, wolkig, gerippt	5325	5,0	„ „	„ „ „	1,0	„	Fabrikmarke.
weiß, wolkig	5200	3,8	„ „	Leinen, Zusatz Baumwolle	1,3	„	Normal 2a.
Klasse 2b.							
Festigkeitsklasse 3.)							
Geschäftsbücher u. s. w. für zweite Sorte.							
gelblich, wolkig	4950	4,1	groß	Leinen, geringe Mengen Baumwolle	1,4	leimfest	Normal 2b.
weiß, wolkig, gerippt	4875	3,5	„	Leinen und Baumwolle	1,0	„	Fabrikmarke.
„ „ „	4750	4,0	sehr groß	Baumwolle und Leinen	1,0	„	„
gelblich, wolk., gerippt	4400	4,2	groß	Leinen und Baumwolle	1,8	„	„
weiß, wolkig, gerippt	4500	4,3	„	Baumwolle und Leinen	0,8	„	„
Klasse 3a.							
Festigkeitsklasse 3.)							
Aktenpapier: für Kanzlei-, Mundir- u. s. w. Papier.							
weiß, schwach wolkig, gerippt	4475	3,1	groß	Baumwolle, geringe Mengen Leinen, Zusatz Holzcellulose	2,3	leimfest	Fabrikmarke.
weiß, wolkig	4125	3,3	„	Baumw., Leinen, Zus. Holzcell.	3,6	„	Normal 3a.
Klasse 4a.							
2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern ziemlich groß.)							
nur einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Kanzlei-, Briefpapier.							
weiß, wolkig	4650	4,4	zieml. groß	Holzcellulose	3,3	leimfest	—
Klasse 4b.							
Festigkeitsklasse 4.)							
einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Konzeptpapier.							
weiß, wolkig	4375	3,5	zieml. groß	Holz- und Strohcellulose	11,4	leimfest	—
Klasse 6.							
IV.)							
verwendet werden sollen und an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit auf die Festigkeitsklasse gewählt werden Stoffklasse IV.							
gelblich, wolkig	4875	2,4	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle u. Leinen	3,3	leimfest	—
weiß, wolkig	4525	3,6	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Leinen und Baumwolle	6,8	„	—
„ „	4400	3,8	mittelmäßig	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	6,8	„	—

Lfd. Nr.	Beim Einkauf gefordert als	Gekauft in	Preis der gekauften Bogen	Preis bei gleichzeitiger Entnahme von 1000 Bogen ℳ	Gewicht von 1000 Bogen, berechnet aus dem Gewicht von 10 Bogen kg	Preis für 1 kg in Pf.
17	Bestes Konzeptpapier	Berlin N.	10 Bg. = 0,20 ℳ	14,00	14,8	95
18	Recht haltbares Schreibpapier	„ NW.	10 „ = 0,20 „	—	14,2	141
19	Bestes Konzeptpapier	„ NW.	12 „ = 0,20 „	10,00	13,6	74
20	Recht haltbares Schreibpapier	„ N.	12 „ = 0,20 „	12,00	13,3	90
21	Bestes Urkundenpapier	„ N.	10 „ = 0,35 „	28,00	12,9	217
22	Dokumentenpapier	„ NW.	10 „ = 0,20 „	14,00	14,3	98
23	Gutes Schreibpapier	„ SW.	10 „ = 0,30 „	23,00	13,3	173
24	Gutes Akten-Konzeptpapier	„ C.	10 „ = 0,15 „	19,00	12,0	158
25	Gutes Schreibpapier	„ C.	12 „ = 0,25 „	9,00	14,3	63
26	Gutes Akten-Schreibpapier	„ SW.	12 „ = 0,30 „	20,00	14,4	139
27	Gutes Schreibpapier	„ N.	10 „ = 0,20 „	15,00	15,3	98
28	Dokumentenpapier	„ N.	12 „ = 0,30 „	15,00	12,4	109
29	Gutes Akten-Schreibpapier	„ O.	12 „ = 0,20 „	13,60	13,5	101
30	Gutes Schreibpapier	„ W.	12 „ = 0,25 „	—	14,3	147
31	Bestes Konzeptpapier	Charlottenburg	10 „ = 0,20 „	—	15,0	133
32	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin NO.	10 „ = 0,10 „	—	12,2	82
33	Bestes Urkundenpapier	„ C.	10 „ = 0,35 „	19,00	14,2	134
34	Gutes Akten-Konzeptpapier	„ NW.	10 „ = 0,10 „	—	10,4	96
35	Bestes Konzeptpapier	Charlottenburg	10 „ = 0,10 „	—	11,2	89

Noch vor Bekanntgabe der bei der Prüfung dieser 35 Papiere gemachten Erfahrungen wurden in gleicher Weise wie das erste Mal weitere 35 Papiere in anderen Papiergeschäften Berlins aufgekauft und ebenfalls einer eingehenden Prüfung unterworfen.

Beim Einkauf dieser Papiere wurde in derselben Weise verfahren wie es für die zuerst gekauften in Heft 6 der „Mittheilungen" 1894 Seite 297 ausführlich geschildert ist.

Die Ergebnisse der Prüfung sind vorstehend (S. 220—223) zusammengestellt.

Von den untersuchten 35 Papieren gehörten also

1	Papier = rund	3 %	zur	Verwendungsklasse	1
3	„ = „	9 %	„	„	2a
5	„ = „	14 %	„	„	2b
2	„ = „	5 %	„	„	3a
0	„ = „	0 %	„	„	3b
1	„ = „	3 %	„	„	4a
1	„ = „	3 %	„	„	4b
22	„ = „	63 %	„	„	6

Auf Grund der amtlichen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken könnten also nur 11 Papiere = 31 % als gute Aktenpapiere bezeichnet

Farbe und Durchsicht	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
gelblich, stark wolkig	4300	1,9	mittelmäßig	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle und Leinen	1,6	leimfest	—
weiß, schwach wolkig	4150	2,8	gering	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen, Leinen u. Baumwolle	12,1	„	—
gelblich, stark wolkig	4150	2,0	groß	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle und Leinen	1,5	„	—
weiß, schwach wolkig	4025	2,4	sehr gering	Holz- und Strohcellulose	12,5	„	—
weiß, schwach wolkig, gerippt	3950	3,3	mittelmäßig	Leinen und Baumwolle	4,5	„	Fabrikmarke.
weiß, wolkig	3900	2,6	gering	Holz- und Strohcellulose	14,0	„	—
weiß, wolkig, gerippt	3600	2,5	mittelmäßig	Leinen und Baumwolle	6,0	„	Fabrikmarke.
gelblich, wolkig	3475	2,3	gering	Stroh- und Holzcellulose	16,0	„	—
weiß, wolkig	3350	2,8	„	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Leinen	17,0	„	—
weiß, wolkig, gerippt	3250	2,9	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Baumwolle und Leinen	14,4	„	Fabrikmarke.
weiß, schwach wolkig	3250	2,7	„ „	Holzcellulose, Baumwolle und Leinen	17,3	„	—
weiß, wolkig, gerippt	3250	2,2	„ „	Baumwolle, Leinen, Holz- und Strohcellulose	16,0	„	Fabrikmarke.
weiß, wolkig	3225	1,9	„ „	Stroh- und Holzcellulose	15,5	„	—
weiß, wolkig, gerippt	3200	3,0	„ „	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Baumwolle	15,0	„	Fabrikmarke.
gelblich, wolkig	3125	2,1	„ „	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Baumwolle und Leinen	19,8	„	—
gelblich, stark wolkig	3075	1,4	außerordentlich gering	Holzcellulose und Holzschliff	14,6	„	—
weiß, schwach wolkig, gerippt	3025	2,8	sehr gering	Holz-, Strohcellulose und Baumwolle	14,0	„	Fabrikmarke.
gelblich, wolkig	3025	1,9	„ „	Holz-, Strohcellul. u. Holzschliff	17,0	„	—
„ „	2450	1,7	„ „	Holzcellulose, Holzschliff	11,8	„	—

werden, während 24 Papiere = 69 % zur dauernden Aufbewahrung in den Akten nicht geeignet sind.

Von den letzteren würden sich 2 Papiere = 6 % noch zu Schriftstücken eignen, welche nur einige Jahre in den Akten aufzubewahren sind, 22 Papiere = 63 % aber nur zu Schriftstücken für den täglichen Verkehr, an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit überhaupt nicht gestellt werden.

Die Einreihung der 63 % in die Verwendungsklasse 6 mußte bei einigen allein infolge des zu geringen Widerstandes gegen Zerknittern und Reiben erfolgen; es wurde indessen bei dieser Bestimmung in mildester Weise vorgegangen.

Holzschliff war bei 3 Papieren (32, 34 und 35) vorhanden; der für die Verwendungsklasse 4b noch zulässige Aschengehalt von 15 % war bei 7 Papieren überschritten (24, 25, 27, 28, 29, 31, 34).

Vier von den untersuchten Papieren enthielten vorschriftsmäßige Wasserzeichen, nämlich die unter Nr. 1, 4, 5 und 11 aufgeführten; sie besaßen sämmtlich die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften.

Ordnet man die untersuchten Papiere nach den Bezeichnungen, unter denen sie gekauft sind, sowie nach den Verwendungsklassen, zu denen sie gehören, so ergiebt sich folgende Uebersicht.

Bezeichnung, unter welcher die Papiere gefordert wurden	Gehörig zur Verwendungsklasse							
	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	6
Bestes Konzeptpapier	—	—	—	—	—	—	—	5
Gutes Akten-Konzeptpapier	—	—	1	—	—	1	—	3
Gutes Schreibpapier	—	—	1	—	—	—	—	4
Recht haltbares Schreibpapier	1	—	1	—	—	—	—	3
Gutes Akten-Schreibpapier	—	1	—	1	—	—	1	2
Dokumentenpapier	—	1	1	—	—	—	—	3
Bestes Urkundenpapier	—	1	1	1	—	—	—	2

Die Ergebnisse sind also im großen und ganzen dieselben wie die bei der eingangs erwähnten Prüfung gewonnenen; die Wahrscheinlichkeit, beim Einkauf von Papier in den Papier-Kleinhandlungen ein wirklich gutes, ausdauerfähiges Papier zu erhalten, ist sehr gering, selbst wenn beste Waare verlangt und jeder Preis bezahlt wird. Dies wird noch deutlicher, wenn man die letztangeführte Tabelle mit der entsprechenden Zusammenstellung der früher untersuchten Papieren vereinigt und so ein Bild über 70 unter den angegebenen Bezeichnungen gekaufte Papiere erhält.

Bezeichnung, unter welcher die 70 Papiere gefordert wurden	Gehörig zur Verwendungsklasse							
	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	6
Bestes Konzeptpapier	—	—	—	—	—	1	—	9
Gutes Akten-Konzeptpapier	—	—	1	—	—	2	—	7
Gutes Schreibpapier	—	—	1	1	1	1	—	6
Recht haltbares Schreibpapier	1	—	1	—	—	3	—	5
Gutes Akten-Schreibpapier	—	1	—	2	—	2	1	4
Dokumentenpapier	—	2	2	—	—	—	1	5
Bestes Urkundenpapier	1	1	1	1	—	1	—	5

Hinsichtlich der für die einzelnen Papiere geforderten Preise zeigen sich auch hier wieder bei Papieren von annähernd gleichen Eigenschaften Preisunterschiede, die völlig unerklärlich sind.

So kostet von dem Papier Nr. 5 das kg 133 Pf., während das Papier Nr. 8, welches fast die gleichen Eigenschaften besitzt wie das erstere, 307 Pf. kostet, also fast 3 mal so theuer ist.

Papier Nr. 10 kostet 208 Pf. das kg, während für das ihm in der Festigkeit und Stoffzusammensetzung sehr nahestehende Nr. 11 nur 81 Pf. verlangt werden.

Da die bei der Untersuchung der letzten 35 Papiere gemachten Erfahrungen im großen und ganzen die gleichen wie früher sind, so kann hinsichtlich der zu ziehenden Schlußfolgerungen auf die eingangs erwähnte Arbeit in den „Mittheilungen" verwiesen werden.

Ueber diese Veröffentlichung entspann sich in den Nr. 20, 23, 24, 25, 26 und 28 der Papier-Zeitung 1895 ein lebhafter Meinungsaustausch, in welchem die Bedeutung der geschilderten Uebelstände und die Mittel ihnen abzuhelfen von verschiedenen Seiten erörtert wurden. Diese ausschließlich von Fachleuten herrührenden Aeußerungen verdienen eine kurze Besprechung.

Der in Nr. 23 der Papier-Zeitung enthaltene, mit s. unterzeichnete Artikel zeigt, daß der Verfasser den Zweck und die Ziele der Arbeit falsch aufgefaßt hat; er schreibt:

> „Es wird über die Papier-Misere viel geschrieben und gedruckt, wenn doch einer der Herren angäbe, wie derselben erfolgreich abgeholfen werden könnte."

Die Arbeit befaßt sich nun aber in keinem Punkte mit der geschäftlichen Nothlage im Papierhandel, sie liefert nur den Beweis, daß man in den Papier-Kleinhandlungen in den seltensten Fällen wirklich gutes Schreibpapier erhalten kann und daß man beim Fordern derartiger Waare meist minderwerthige Erzeugnisse erhält; hieraus ergiebt sich der Schluß, daß die Mehrzahl der Papier-Kleinhändler nicht diejenige Waarenkenntniß besitzt, die man als selbstverständlich voraussetzen sollte.

In einer weiteren mit J. unterzeichneten Zuschrift in derselben Nummer der Papier-Zeitung spricht der Einsender seine Ansicht dahin aus, daß erst ein von Seiten des Staates ausgeübter Zwang eine Besserung der Verhältnisse bringen würde:

„Es wird nicht eher besser werden, bis die Behörden auch dem Publikum Normalpapier obligatorisch vorschreiben."

In Nr. 25 wird von C. N. ein weiterer Vorschlag gemacht:

„Es wird nur dann besser werden, wenn sich die Grossisten die Mühe nehmen, ihre Abnehmer aufzuklären und ihnen immer und immer wieder Muster von Normalpapieren zuschicken, denen aber die Normalbedingungen beziehungsweise Verwendungsarten aufgedruckt sein müssen.

Ich habe in meinem Geschäft die Anordnung getroffen, daß jeder Käufer, der Schreib- oder Konzeptpapier haben will, gefragt wird, wozu er das Papier gebrauchen will. Erst dann, wenn diese Frage genügend beantwortet ist, beziehentlich der Verkäufer genau weiß, was der Kunde sucht, wird die entsprechende Sorte vorgelegt."

In Nr. 26 kommt der bereits erwähnte Fachmann J. noch einmal auf die Sachlage zu sprechen, indem er seinen früher gemachten Vorschlag noch erweitert:

„Die Herren Fabrikanten mögen in ihrer Vereinigung ein Gesuch an die Regierungen richten, daß bei Eingaben an die Behörden nur Normal-Aktenpapiere verwendet werden sollen, dann ist mit einem Schlage das Bild verändert. Ferner möchte ich mich den Vorschlägen des C. N. anschließen, mit der Erweiterung, daß der Artikel des Herrn W. Herzberg in Form einer kleinen Broschüre hergestellt und an alle Schreibwaarengeschäfte zur Belehrung versandt wird, natürlich auf Kosten der Herren Fabrikanten beziehungsweise deren Vereine."

In Nr. 28 schreibt ein Einsender S.:

„Die mannigfachen Aeußerungen in der Papier-Zeitung zu dem Kapitel „Schreibpapiere des Kleinhandels" haben gezeigt, daß mit den Veröffentlichungen der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt eine brennende Frage berührt worden ist. Auch mir scheint der Hauptgrund für die deprimirenden Resultate jener Veröffentlichung nicht die Gewinnsucht, sondern die häufig erstaunliche Fachunwissenheit der Kleinhändler zu sein, welche ein Papier meist nach der Dicke beurtheilen und selten wissen, daß es dünne Papiere giebt, die dickere qualitativ übertreffen."

In allen Artikeln, von denen hier nur einige Sätze wiedergegeben sind, wird als Endursache der besprochenen Uebelstände im Papier-Kleinhandel eine mangelhafte Waarenkenntniß des Verkäufers angesehen; es dürfte dies wohl die richtige und einzig zutreffende Erklärung der ermittelten Thatsachen sein; denn, wollte man diese nicht gelten lassen, wollte man also volle Sachkenntniß bei dem Verkäufer voraussetzen, so hätte er wissentlich schlechte Waare als

gute verkauft, also wie sich der Einsender W. in Nr. 24 der Papier-Zeitung ausdrückt, „seinen Abnehmer übers Ohr gehauen".

Solche Fälle mögen vereinzelt vorkommen, in der Mehrzahl der Fälle wird der Kunde seine schlechte Waare der Unkenntniß des Verkäufers verdanken.

Eine Besserung auf diesem Gebiete kann also nur erwartet werden, wenn man den Papier-Kleinhändler dahin bringen kann, daß er aus seiner Unwissenheit heraustritt und sich eingehende Sachkenntniß in seinem Fache aneignet.

Dies, wie C. N. vorschlägt, durch fortwährende Belehrung seitens der Großhändler zu erreichen, oder nach dem Vorschlage von J. durch Verbreitung aufklärender Schriften, dürfte in einigen Fällen zum Ziele führen, die Mehrzahl der Kleinhändler wird sich indessen solchen Versuchen gegenüber ablehnend verhalten. Diese werden erst dann aus ihrer Ruhe aufgerüttelt werden, wenn materielle Fragen in Betracht kommen, und das wäre der Fall, wenn der Staat Bestimmungen in dem von J. angedeutetem Sinne erlassen würde. Wenn der Staat vorschreibt, daß für alle Eingaben an Behörden Normalpapier bestimmter Sorte benutzt werden muß, dann ist auch der Kleinhändler, will er nicht vom Geschäft abgedrängt werden, gezwungen, sich über den Werth und die Bedeutung der Normalpapiere zu unterrichten, und dann wird auch das große Publikum in die Lage kommen, in den Kleinhandlungen gutes und ausdauerfähiges Papier zu erhalten.

Von dieser Ansicht ausgehend hat auch der deutsche Papierverein auf seiner in diesem Jahre in Frankfurt a. M. abgehaltenen Generalversammlung folgenden Beschluß gefaßt:

> „Die Generalversammlung erklärt es für wünschenswerth, daß die Behörden vom Ministerium angewiesen werden, dem Publikum aufzugeben, bei seinen Eingaben gutes Papier (Normalpapier) zu verwenden."

Die Bedenken, welche in dieser Versammlung seitens des Herrn Behrendt gegen den Beschluß geltend gemacht wurden (Unkenntniß des großen Publikums über Normalpapier, Kaufen billigster Waare ꝛc.), theilte das Mitglied des Vereins Dr. Hirschberg nicht; nach seinem Vorschlag hätten die Verkäufer in ihrem Laden nur folgenden Hinweis anzubringen: „Zu Eingaben an Behörden darf nur Normalpapier verwendet werden; derartiges Papier ist hier zu haben."

Die am Schluß meiner eingangs erwähnten Arbeit an die in verschiedenen Städten vorhandenen Papierprüfungsanstalten gerichtete Aufforderung, ähnliche Untersuchungen wie die hier ausgeführten vorzunehmen, hat Herrn Professor Max Seiling, Vorsteher der Papierprüfungsanstalt in Helsingfors (Finnland) zu einigen interessanten Mittheilungen veranlaßt; er schreibt in Nr. 42 der Papier-Zeitung 1895 u. a.:

> „Bei der Eigenartigkeit der hiesigen Verhältnisse könnte ich auf eine ähnliche Weise wie die Charlottenburger Anstalt jetzt nicht mehr vorgehen. Denn das amtliche Papier, das seit 1889 unter staatlicher Kontrolle hergestellt wird, ist in allen Schreibwaarenhandlungen zu haben, so daß man ohne weiteres auf dasselbe aufmerksam gemacht würde, wenn man besseres und bestes Papier verlangen würde. Auch dürfte das amtliche Papier, von dem es, nebenbei bemerkt, nur drei Sorten giebt (Urkunden-, Schreib- und Konzeptpapier), vom Publikum viel häufiger verwendet werden, als dies in Preußen der Fall zu sein scheint. Daß aber die Einführung besserer Papiere von garantirten Eigenschaften ein dringendes Bedürfniß war, erhellt sehr deutlich aus den Prüfungsergebnissen, die ich vor

etwa sieben Jahren bei der Untersuchung sämmtlicher im hiesigen Kleinhandel damals vorkommenden Schreibpapiere erhielt."

Auf die Ergebnisse dieser Untersuchung, welche an oben angegebener Stelle niedergelegt sind, soll hier nicht näher eingegangen werden, weil sie zu dem hier behandelten Gegenstand nicht in direkter Beziehung stehen. Die oben wiedergegebenen Aeußerungen zeigen aber, daß die Verhältnisse für das Papier kaufende Publikum in Finnland erheblich günstiger sind als bei uns.

Eine weitere Folge der erwähnten Aufforderung war die Einsendung von 53 in Leipzig auf Veranlassung des Vorstandes des mitteldeutschen Papiervereins aufgekauften Schreibpapiersorten. Nach Mittheilung des Vorsitzenden dieses Vereins wurden diese Proben von einem Beauftragten in etwa 25 Papierhandlungen Leipzigs (theils kleinere mit Buchbinderei, theils mit einem Engrosgeschäft verbundene Handlungen) ohne weitere Mittheilung über den vorliegenden Zweck aufgekauft. Ueber die Art des Einkaufes theilt der Vorsitzende des Vereins folgendes mit:

„Die Betreffenden waren beauftragt, das beste Kanzlei- oder Konzeptpapier, was der betreffende Verkäufer zu bieten im Stande ist, zu verlangen; meist ist das Papier zu „Eingaben" verlangt worden, hier und da auch als Dokumenten- oder bestes Akten-Schreibpapier. Der verlangte Preis ist überall anstandslos bezahlt worden."

Die 53 Papiere sind in der Versuchsanstalt einer vollständigen Untersuchung unterworfen worden, welche die nachfolgend (S. 228—231) zusammengestellten Ergebnisse lieferte.

Von den untersuchten 53 Papieren gehörten also

2	Papiere	= rund	4 %	zur Verwendungsklasse	1
1	„	= „	2 %	„ „	2a
7	„	= „	13 %	„ „	2b
2	„	= „	4 %	„ „	3a
6	„	= „	11 %	„ „	3b
5	„	= „	9 %	„ „	4a
2	„	= „	4 %	„ „	4b
28	„	= „	53 %	„ „	6

Gegenüberstellung der für Berlin und Leipzig ermittelten Ergebnisse.

Anzahl der untersuchten Papiere	Gehörig zur Verwendungsklasse								Aufgekauft in
	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	6	
70	3 %	6 %	8,5 %	5 %	1,5 %	14,5 %	3 %	58,5 %	Berlin
53	4 %	2 %	13 %	4 %	11 %	9 %	4 %	53 %	Leipzig

Die Untersuchung der Leipziger Papiere hat also, wie die vorstehende Gegenüberstellung zeigt, im großen und ganzen ein ähnlich ungünstiges Ergebniß geliefert wie die der Berliner Muster und sie giebt eine Bestätigung für die bereits früher ausgesprochene Ansicht, daß die für Berlin aufgedeckten Verhältnisse auch wohl in anderen Städten zu finden sein werden.

Auf Grund der amtlichen Vorschriften könnten von den untersuchten 53 Leipziger Papieren nur 18 = 34 % als gute Aktenpapiere bezeichnet werden, während 35 Papiere = 66 % zur dauernden Aufbewahrung in den Akten nicht geeignet sind.

Ergebnisse der Untersuchung von 53 in Leipziger

Lfd. Nr.	Eingeschickt unter Nr.	Preis der gekauften Bogen	Preis bei Entnahme von 1000 Bog. ℳ	Gewicht von 1000 Bog. kg	Preis für 1 kg in Pf.	Farbe und Durchsicht	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse I,		
						Für besonders wichtige, auf lange Auf-		
1	52	10 Bg. = 0,50 ℳ	30,00	15,0	200	weiß, wolkig	5825	5,2
2	49	10 „ = 0,20 „	29,00	14,0	207	„ „	5500	6,0
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse I,		
						Für Urkunden, Standesamtsregister,		
3	13	10 Bg. = 0,30 ℳ	28,00	14,0	200	weiß, wolkig	5875	5,9
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse I,		
						Für Urkunden, Standesamtsregister,		
4	5	10 Bg. = 0,30 ℳ	25,00	13,0	192	weiß, wolkig, gerippt	4825	4,2
5	18	10 „ = 0,35 „	25,00	14,0	179	„ „ „	4800	4,6
6	19	10 „ = 0,35 „	21,00	12,0	175	„ „ „	4800	4,2
7	23	10 „ = 0,30 „	22,00	14,0	157	„ „ „	4750	4,7
8	4	10 „ = 0,30 „	23,00	15,0	153	„ „ „	4675	4,0
9	24	10 „ = 0,30 „	22,00	12,0	183	„ „ „	4575	3,6
10	10	10 „ = 0,30 „	24,00	15,0	160	„ „ „	4325	3,9
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse II,		
						Für das zu dauernder Aufbewahrung bestimmte		
11	14	10 Bg. = 0,35 ℳ	25,00	15,0	167	gelblich-weiß, wolkig, gerippt	5300	3,2
12	20	10 „ = 0,25 „	17,00	12,0	142	weiß, wolkig, gerippt	4650	3,1
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse II,		
						Für das zu dauernder Aufbewahrung be-		
13	7	12 Bg. = 0,30 ℳ	22,00	14,0	157	weiß, wolkig, gerippt	4450	3,1
14	34	10 „ = 0,15 „	12,00	13,0	92	gelblich, wolkig	4225	2,9
15	1	10 „ = 0,30 „	19,00	13,0	146	weiß, wolkig, gerippt	3950	2,7
16	45	12 „ = 0,15 „	9,00	13,0	69	gelblich, wolkig	3825	3,2
17	51	10 „ = 0,20 „	12,00	12,0	100	„ „	3525	2,7
18	42	10 „ = 0,20 „	10,00	13,0	77	„ „	3500	2,6
						Verwendungs-		
						(Stoffklasse III. Reißlänge 3500 m, Dehnung		
						Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und		
						Mundir- und		
19	6	10 Bg. = 0,30 ℳ	16,00	13,0	123	weiß, wolkig, gerippt	4325	3,0
20	35	12 „ = 0,20 „	11,00	12,0	92	gelblich, wolkig	4175	2,6
21	25	10 „ = 0,30 „	*	13,0	231	weiß, schwach wolkig	3950	3,5
22	9	10 „ = 0,25 „	18,00	15,0	120	weiß, wolkig, gerippt	3725	3,8
23	12	12 „ = 0,30 „	18,00	14,0	129	„ „ „	3725	3,6

* Preis nicht angegeben.

Papierhandlungen aufgekauften Papiersorten.

Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
Klasse 1.				
Festigkeitsklasse 1.)				
bewahrungsdauer berechnete Urkunden.				
sehr groß	Leinen und Baumwolle	1,6	leimfest	Normal 1.
„ „	„ „ „	0,8	„	„
Klasse 2a.				
Festigkeitsklasse 2.)				
Geschäftsbücher u. s. w. für erste Sorte.				
sehr groß	Leinen und Baumwolle	0,9	leimfest	—
Klasse 2b.				
Festigkeitsklasse 3.)				
Geschäftsbücher u. s. w. für zweite Sorte.				
sehr groß	Leinen und Baumwolle	1,0	leimfest	Fabrikmarke.
groß	Baumwolle und Leinen	1,1	„	„
sehr groß	Leinen und Baumwolle	1,1	„	„
„ „	Baumwolle und Leinen	1,0	„	„
„ „	„ „ „	1,0	„	„
„ „	„ „ „	1,1	„	„
„ „	Leinen und Baumwolle	0,8	„	„
Klasse 3a.				
Festigkeitsklasse 3.)				
Aktenpapier; für Kanzlei-, Mundir- u. s. w. Papier.				
groß	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holzcellulose	1,0	leimfest	Fabrikmarke.
„	Baumwolle, Leinen, geringe Mengen Holzcellulose	2,6	„	„
Klasse 3b.				
Festigkeitsklasse 4.)				
stimmte Aktenpapier; für Konzeptpapier.				
ziemlich groß	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holzcellulose	0,9	leimfest	Fabrikmarke.
„ „	„ „ „ „	4,0	„	—
„ „	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holzcellulose	0,6	„	Fabrikmarke.
„ „	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	1,9	„	Normal 3b.
„ „	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holzcellulose	5,0	„	„
„ „	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	4,3	„	„
Klasse 4a.				
2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern ziemlich groß.)				
nur einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Kanzlei-, Briefpapier.				
groß	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	3,0	leimfest	Fabrikmarke.
ziemlich groß	Holzcellulose, Leinen und Baumwolle	10,3	„	Normal 4b.
„ „	Baumwolle, Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Leinen	12,5	„	Fabrikmarke.
„ „	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	8,0	„	„
„ „	„ „ „ „ „ „	7,6	„	„

Lfd. Nr.	Eingeschickt unter Nr.	Preis der gekauften Bogen	Preis bei Entnahme von 1000 Bog. ℳ	Gewicht von 1000 Bog. kg	Preis für 1 kg in Pf.	Farbe und Durchsicht	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %
								Verwendungs-
								(Stoffklasse III,
		Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und nur						
24	32	12 Bg. = 0,30 ℳ	13,00	16,0	81	gelblich, wolkig	3775	2,5
25	46a	10 „ = 0,20 „	9,00	12,0	75	„ „	3425	3,4
								Verwendungs-
								(Stoffklasse
		Für Papiere, welche zu untergeordneten Zwecken im täglichen Verkehr gestellt werden, kann ohne besondere Rücksicht auf						
26	30	10 Bg. = 0,20 ℳ	8,00	13,0	62	gelblich, wolkig	4225	2,3
27	16	12 „ = 0,30 „	20,00	12,0	167	weiß, wolkig	4175	3,3
28	38	10 „ = 0,12 „	9,00	12,0	75	gelblich, wolkig	4025	2,5
29	17	10 „ = 0,20 „	16,00	13,0	123	weiß, wolkig, gerippt	3825	2,3
30	43	10 „ = 0,15 „	10,00	12,0	83	gelblich, wolkig	3750	1,6
31	48	10 „ = 0,15 „	11,70	13,0	90	„ „	3725	2,1
32	40	10 „ = 0,20 „	10,00	13,0	77	weiß, wolkig	3600	2,3
33	28	*	9,50	13,0	73	gelblich, wolkig	3600	2,1
34	27	10 „ = 0,15 „	9,50	12,0	79	„ „	3600	2,1
35	26	10 „ = 0,15 „	8,00	11,0	73	„ „	3575	1,6
36	50	10 „ = 0,10 „	*	9,0	111	„ „	3550	1,5
37	46	10 „ = 0,12 „	12,00	13,0	92	„ „	3525	2,1
38	2	12 „ = 0,30 „	17,00	13,0	131	weiß, wolkig, gerippt	3450	3,0
39	29	10 „ = 0,20 „	8,00	12,0	67	gelblich, wolkig	3425	2,4
40	44	10 „ = 0,20 „	7,00	12,0	58	weiß, schwach wolkig	3425	2,1
41	39	10 „ = 0,18 „	12,00	12,0	100	gelblich, wolkig	3425	1,4
42	11	10 „ = 0,30 „	24,00	13,0	185	weiß, wolkig, gerippt	3375	2,9
43	8	*	15,00	12,0	125	weiß, wolkig	3375	2,2
44	21	10 „ = 0,25 „	16,00	13,0	123	„ „	3350	2,1
45	22	12 „ = 0,30 „	16,00	14,0	114	weiß, wolkig, gerippt	3275	2,7
46	3	10 „ = 0,20 „	13,50	14,0	96	„ „ „	3275	2,3
47	37	12 „ = 0,15 „	6,50	13,0	50	gelblich, wolkig	3200	1,7
48	31	10 „ = 0,20 „	8,00	12,0	67	„ „	3100	1,7
49	41	12 „ = 0,18 „	10,00	10,0	100	„ „	3050	1,7
50	15	10 „ = 0,30 „	18,00	13,0	138	weiß, wolkig, gerippt	2900	2,2
51	36	10 „ = 0,20 „	15,00	12,0	125	weiß, wolkig	2850	1,8
52	33	*	12,00	13,0	92	gelblich, wolkig	2850	1,6
53	47	12 „ = 0,15 „	7,00	12,0	58	„ „	2725	1,3

* Preis nicht angegeben.

Die Einreihung der 28 Papiere in die Verwendungsklasse 6 mußte auch hier bei 5 Papieren trotz der milden Beurtheilung wegen des zu geringen Widerstandes gegen Zerknittern und Reiben allein erfolgen; bei den meisten Papieren war gleichzeitig die Dehnung und der Widerstand gegen Zerknittern ungenügend.

Holzschliff war bei 7 Papieren vorhanden. Der für die Klasse 4b noch zulässige Aschengehalt von 15 % war bei 10 Papieren, allerdings theilweise unerheblich, überschritten.

7 von den untersuchten Papieren enthielten vorschriftsmäßige Wasserzeichen, nämlich die unter Nr. 1, 2, 16, 17, 18, 20 und 27; hiervon besaßen die ersten 6 die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften, während Nr. 27, welches der Verwendungsklasse 3a angehören sollte, sich im Widerstand gegen Zerknittern nur als mittelmäßig erwies und daher zur Klasse 6 gerechnet werden mußte.

Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
Klasse 4b.				
Festigkeitsklasse 4.)				
einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Konzeptpapier.				
ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, Leinen und Baumwolle	12,6	leimfest	Fabrikmarke.
" "	Holz- und Strohcellulose	14,9	"	—
Klasse 6.				
IV.)				
verwendet werden sollen und an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit nicht eine Festigkeitsklasse gewählt werden Stoffklasse IV.				
ziemlich groß	Holz- und Strohcellulose	11,8	leimfest	—
mittelmäßig	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holz- und Strohcellulose	2,1	"	Normal 3a.
"	Holz-, Strohcellulose und Baumwolle	14,3	"	—
gering	Baumwolle, Leinen, Holz- und Strohcellulose	7,5	"	Fabrikmarke.
mittelmäßig	Holz- und Strohcellulose	12,0	"	—
gering	" " "	11,3	"	—
"	" " "	15,0	"	—
mittelmäßig	Holzcellulose	11,3	"	—
"	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	17,8	"	—
sehr gering	Holzcellulose und Holzschliff	12,4	"	—
außerordentlich gering	Holzschliff und Holzcellulose	6,5	"	—
ziemlich groß	Holzcellulose, Zusatz Baumwolle, geringe Mengen Leinen	13,8	"	—
mittelmäßig	Leinen, Baumwolle, geringe Mengen Holzcellulose	13,0	"	Fabrikmarke.
"	Holz-, Strohcellulose, Leinen und Baumwolle	16,5	"	Normal 4b.
gering	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle	18,0	"	—
außerordentlich gering	Holzcellulose, Zusatz Baumwolle	12,3	"	—
gering	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle und Leinen	15,0	"	Fabrikmarke.
mittelmäßig	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Leinen	11,6	"	—
sehr gering	Holz- und Strohcellulose	19,4	"	—
" "	Stroh-, Holzcellulose, Baumwolle und Leinen	14,3	"	Fabrikmarke.
" "	Holz-, Strohcellulose	11,5	"	Fabrikmarke.
außerordentlich gering	Holzcellulose und Holzschliff	18,1	"	—
" "	" " "	15,3	"	—
" "	" " "	12,1	"	—
sehr gering	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	19,1	"	Fabrikmarke.
außerordentlich gering	Holz- und Strohcellulose	18,8	"	—
" "	Holzcellulose und Holzschliff	16,0	"	—
" "	Holz-, Strohcellulose und Holzschliff	21,4	"	—

Hinsichtlich der für die Papiere geforderten Preise gilt auch hier das früher Gesagte, denn auch hier kommen Preisunterschiede vor, die völlig unerklärlich sind.

Bei den unter Klasse 6 aufgeführten Papieren zeigen sich besonders große Unterschiede, auf welche einzeln hier nicht eingegangen werden soll.

Nachdem bereits in Heft 6 der „Mittheilungen" 1894 auf die Bedeutung und die Folgen der durch die Untersuchungen aufgedeckten Verhältnisse im Papier-Kleinhandel hingewiesen wurde, mag hier ein Hinweis auf das dort Gesagte genügen. Die betheiligten Kreise sollten aber die Sache nicht aus dem Auge verlieren und mit allen Kräften danach streben, die vorhandenen Mißstände zu beseitigen.

3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Vorsteher der Abtheilung W. Herzberg.

A. Fabrikationsbücher.

In Nr. 15 des „Wochenblattes für Papierfabrikation" 1895 behandelt ein kurzer Artikel in sachgemäßer Weise die verschiedenen Ursachen, welche bei Herstellung von Papieren der Stoffklasse II eine unbeabsichtigte Ueberschreitung des zulässigen Cellulosegehaltes (25 %) veranlassen können. Der ungenannte Verfasser sagt u. a.:

> „Cellulose und andere Halbstoffe werden meist in Butten eingetragen. Der Wassergehalt der Halbstoffe differirt unter den verschiedenen Umständen (ob man oben oder unten im Halbzeugkasten einfaßt, ob frisch geleert wurde oder abgelagerter Stoff genommen wird, ob der betreffende Kasten gut oder schlecht abzieht ꝛc.) so bedeutend, daß dieselben Butten einmal 7 kg, ein anderes Mal 10—12 kg haben können. (Die in jeder Fabrik vorgenommenen Buttengewichtsermittelungen geben dafür einen deutlichen Beweis.)
>
> Wirken nun gerade ungünstige, konträre Umstände zusammen, die bei der heutigen Massenfabrikation im Nu auf einige Stunden, ohne daß man es bemerkt, z. B. in der Nacht eintreten können, so kann der normale Cellulosegehalt um weit mehr als 10 % nach aufwärts verschoben werden."

Zum Schluß bemerkt der Verfasser:

> „Es sollte mich wundern, wenn nicht der Versuchsanstalt über kurz oder lang Fälle vorkommen, in welchen sie einen Gehalt von 35 % Cellulose nachgewiesen, und der betreffende Fabrikant laut Fabrikationsbücher-Ausweis nur 25 % wird verwendet haben wollen. Geschilderte Verhältnisse werden dann die Erklärungsursache abgeben."

Fälle, wie sie hier erwartet werden, und ähnliche sind der Versuchsanstalt schon wiederholt vorgekommen, und der oben angeführte Artikel giebt Veranlassung eine Anzahl derselben nachfolgend kurz zu besprechen.

Fall I. Im Auftrage einer Behörde wurde eine Sorte Aktendeckel untersucht, welche, wie die mikroskopische Prüfung ergab, aus Leinen, Baumwolle, Holzcellulose (etwa 25 %) und Holzschliff (etwa 10 %) bestand. Der liefernde Händler beschwerte sich über das Ergebniß der Prüfung und theilte der Versuchsanstalt mit,

> „daß der Fabrikant der Aktendeckel gegen Erbietung zum Eide versicherte, daß die Deckel aus reinen Lumpen, ohne Zusatz von Holzschliff gefertigt wurden".

Die Versuchsanstalt kam dem Wunsche des Händlers, die Deckel noch einmal zu untersuchen, nach, obwohl mit Rücksicht auf den Gegenstand der Beschwerde und die Art der Versuchsausführung bei den amtlichen Prüfungen, ein Irrthum ausgeschlossen war. Die Kontrolprüfung bestätigte den ersten Befund und ließ keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die Angabe des Fabrikanten nicht zutraf.

Fall II. Die Versuchsanstalt hatte ein Druckpapier, welches aus reinen Lumpen hergestellt sein sollte, untersucht und in diesem bei der mikroskopischen Prüfung einen erheblichen Zusatz Strohcellulose ermittelt; der Fabrikant des Papiers erschien darauf persönlich in der Versuchsanstalt und erklärte, daß bei der Prüfung ein Irrthum unterlaufen sein müßte; auf Grund der Aussagen des technischen Leiters der Fabrik, sowie nach Durchsicht der Fabrikations-

bücher stehe unzweifelhaft fest, daß Strohcellulose zu dem fraglichen Papier nicht verarbeitet worden sei. Der Fabrikant überreichte gleichzeitig eine Probe des in der Fabrik von der Lieferung zurückbehaltenen Papiers, welches von derselben Fertigung herrührte, und bat um eine Untersuchung auch dieses Musters. Dieselbe wurde ausgeführt und ergab, daß auch die zweite Probe einen erheblichen Zusatz an Strohcellulose enthielt.

Nach einiger Zeit theilte die Fabrik der Versuchsanstalt aus eigenem Antriebe mit, bei weiterem Nachforschen habe sich herausgestellt, daß bei Herstellung des Papiers in Folge eines Versehens Strohcellulose verwendet worden sei und somit das Papier den gestellten Anforderungen nicht entspreche.

Die Abnehmerin des Papiers wurde seitens der Fabrik im gleichen Sinne von dem Sachverhalt verständigt.

Fall III. Die Untersuchung einer Probe Kanzleipapier ergab einen Aschengehalt von 17,5 %; als Faserstoffe wurden Leinen, Baumwolle und Holzcellulose (etwa 25 %) ermittelt. Die Fabrik, in deren Auftrage das Papier geprüft wurde, beanstandete das Prüfungsergebniß,

> „denn das Papier ist, wie wir, wenn nöthig, beweisen werden, nur aus weißleinenen Hadern gefertigt, ohne irgend sonstige Cellulose und hat keinen Erdezusatz erhalten, außer dem, der in der zur Leimung angewandten schwefelsauren Thonerde enthalten ist".

Obwohl bei der ursprünglichen Untersuchung bereits eine Kontrole ausgeführt war, wurde dennoch eine nochmalige Prüfung vorgenommen, welche das erste Ergebniß in jedem Punkte bestätigte.

Nach längerem Schriftwechsel und persönlicher Rücksprache stellte sich dann heraus, daß seitens der Fabrik eine falsche Probe an die Versuchsanstalt eingeschickt war; es wurden dann einige Bogen derjenigen Sorte, deren Prüfung man von vornherein in Aussicht genommen hatte, eingeschickt und seitens der Versuchsanstalt untersucht; diese letztere Probe bestand aus Leinenfasern und hatte einen Aschengehalt = 1,5 %.

Fall IV. Im Auftrage einer bedeutenden Papierfabrik wurde ein Normalpapier 1 untersucht und als aus „Leinen und geringen Mengen Baumwolle" bestehend bezeichnet; die Fabrik beanstandete die Angabe über das Vorhandensein von Baumwolle mit dem Hinweis darauf, daß das Papier aus:

1. 14 Theilen neuer grauer leinener Abschnitte,
2. 2 „ Militärdrell (altes graues Leinen),
3. 2 „ weißleinenen Hadern

hergestellt sei; von jeder dieser drei Lumpensorten legte die Fabrik einige Muster als Beleg für ihre Ausführungen bei.

Obwohl bei der ersten Prüfung von zwei unabhängig von einander arbeitenden Beamten übereinstimmend geringe Mengen Baumwolle angegeben wurden und somit kein Grund vorlag, an der Richtigkeit dieses Befundes zu zweifeln, so wurde doch eine nochmalige Kontrole ausgeführt, welche das erstgewonnene Ergebniß bestätigte.

Nachdem dann auch die eingeschickten Lumpen einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen waren, klärte sich der Sachverhalt auf. Es bestanden

Die Lumpen zu 1 in Schuß und Kette aus Leinen,
" " " 2 " " " " " Leinen,
" " " 3 " " " " " Baumwolle.

Das Papier war also mit einem Baumwollzusatz von etwa 10 % hergestellt.

Fall V. Bei der Untersuchung eines Konzeptpapiers 3b im Auftrage einer Behörde ergab sich ein so hoher Cellulosegehalt, daß das Papier beanstandet werden mußte; als Mittel aus 6 an verschiedenen Tagen von 3 verschiedenen Beamten ermittelten Schätzungen ergab sich ein Cellulosegehalt = 37 %.

Die Fabrik, welche das Papier erzeugt hatte, richtete hierauf an die Versuchsanstalt das folgende Schreiben:

> „Es muß hier jedenfalls ein Versehen obwalten, denn wir können durch unsere Bücher nachweisen, daß dem fraglichen Papier weniger als 25 % Cellulose zugesetzt sind und außerdem nach den erhaltenen Benachrichtigungen früherer Untersuchungen die ordnungsmäßige Beschaffenheit seitens der Versuchsanstalt bescheinigt ist."

Diese Schlußfolgerung ist unlogisch und daher hinfällig, denn die Ergebnisse der Prüfung früherer Anfertigungen können doch keine Belege sein für die Stoffzusammensetzung späterer Machungen.

Die Versuchsanstalt machte nun die Fabrik darauf aufmerksam, daß vielleicht in Folge eines Versehens eines Arbeiters zu viel Cellulose eingetragen sei oder daß der Feuchtigkeitsgehalt der Halbstoffe vielleicht nicht in gebührender Weise berücksichtigt wurde 2c.

Die Fabrik antwortete hierauf wie folgt:

„1. Es ist absolut ausgeschlossen, daß bei der Anfertigung des Konzepts 3b mehr Cellulose in den Stoff gelangt ist, als beabsichtigt beziehungsweise zulässig war.
2. Die Berechnung des Zusatzes der Halbstoffe und der Cellulose geschieht auf Grund des Gewichtes der vollständig trockenen Materialien."

Angesichts dieser Antwort verzichtete die Versuchsanstalt auf eine weitere Diskussion dieser Angelegenheit.

Kurze Zeit darauf gelangte ein Kanzlei 3a und ein Konzept 3b von derselben Fabrik im Auftrag einer Behörde zur Untersuchung; beide mußten wegen eines zu hohen Aschengehaltes beanstandet werden.

Auch in diesem Falle vermuthete die Fabrik ein Versehen seitens der Versuchsanstalt,

> „da die Stoffmischung der beiden Papiere in dieser Richtung schon seit Jahren stets dieselbe und ein Versehen bei der Fabrikation ausgeschlossen, so daß uns das Vorhandensein von mehr als 5 % Asche unerklärlich ist".

Da der Aschengehalt der Papiere bereits vor Absendung des Prüfungszeugnisses einer wiederholten Kontrole unterworfen war, so bestand über die Richtigkeit des Ergebnisses keinerlei Zweifel und es wurde eine Nachprüfung nicht vorgenommen. Der Fabrik wurde dies mitgetheilt und ihr unter Angabe der Versuchsausführung berichtet, daß es fast als eine Unmöglichkeit bezeichnet werden muß, daß ein Papier wegen eines zu hohen Aschengehaltes in Folge eines Versehens bei der Aschenbestimmung beanstandet wird.

Fall VI. Im Auftrage einer Invaliditäts- und Altersversicherungsanstalt wurden Quittungskarten untersucht, für welche seitens des Bundesrathes u. a. folgende Festsetzungen getroffen sind:[1])

> Reißlänge = 4500 m; Dehnung = 4 %; Asche höchstens 4 %. Stoffzusammensetzung: 50 % Cellulose, 25—30 % Leinen, 20—25 % Baumwolle. Färbung: Bleichromat und Eisenoxyd.

[1]) Vergleiche Deutscher Reichsanzeiger, 1890 Nr. 147 und 1893 Nr. 175.

Die Prüfung der Karten ergab folgendes:

Reißlänge = 4475 m; Dehnung = 4,1 %; Asche = 2,1 %. Stoffzusammensetzung: Etwa 30 % Holzcellulose, 30 % Jute, 20 % Leinen und 20 % Baumwolle. Färbung: Geringe Mengen Eisenoxyd. Chromblei war nicht vorhanden.

Der Karton genügte also den Bestimmungen des Bundesrathes nicht.

Die Handlungsfirma, welche der Versicherungsgesellschaft die Karten geliefert hatte, setzte sich nun mit der Fabrik, in welcher der Karton hergestellt war, in Verbindung und erhielt die Mittheilung, daß der Karton aus 50 % Mitscherlich-Sulfit-Cellulose, 30 % Leinen (Zwillich) und 20 % Baumwolle hergestellt sei, eine mittlere Reißlänge von 4500 m, eine mittlere Dehnung von 4,2 % und einen Aschengehalt von 3 % besitze. Ferner theilte die Fabrik mit, daß sich dieses Resultat bei Revision der Stoffzettel ergeben hat und daß sie für die Richtigkeit des Prüfungsergebnisses jede Garantie übernimmt.

Unter Hinweis auf diese Auslassungen beantragte die Handlung eine nochmalige Untersuchung der Karten und schickte zu diesem Zweck neues Probematerial ein.

Diese Prüfung lieferte folgendes Ergebniß:

Reißlänge = 4925 m; Dehnung = 3,9 %; Asche = 2,3 %. Stoffzusammensetzung: Etwa 30 % Holzcellulose, 25 % Jute, 30 % Leinen und 15 % Baumwolle. Färbung: Geringe Mengen Eisenoxyd. Chromblei war nicht vorhanden.

Die Karten entsprachen also den Bestimmungen des Bundesrathes ebenfalls nicht.

Darauf wandte sich die in Frage kommende Papierfabrik direkt an die Versuchsanstalt mit folgendem Schreiben:

„Ihr Attest enthält ein Untersuchungsergebniß, welches mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmt. Der Karton ist von uns aus 50 % Cellulose, 30 % Leinen und 20 % Baumwollfasern in den vorgeschriebenen Mischungsverhältnissen hergestellt, was unsere Leute eventuell beschwören können.

Nachdem wir von Ihrem Untersuchungsattest Kenntniß erlangten, haben wir sofort bei der ..... Anstalt in ..... eine Kontrolluntersuchung des Kartons vornehmen lassen, welche die thatsächliche Stoffzusammensetzung konstatirt[1]) und nur Spuren von Jute vorfand, die ja durch irgendwelchen Zufall vorkommen können, jedoch die Qualität des Kartons nicht beeinflussen.

Wir würden Ihnen nun sehr dankbar sein, wenn Sie über diese Angelegenheit vielleicht die betreffende Behörde in Kenntniß setzen möchten, daß selbst wenn Spuren von Jute in dem Karton nachweislich sind — in Ihrem Attest ist sogar von 15 % die Rede, was entschieden auf einen Irrthum beruhen muß —, der Karton gleichwohl den gesetzlichen Anforderungen entspricht und seine Verwendung zu dem bestimmten Zweck unbedenklich erfolgen dürfte."

Da die Fabrik in diesem Schreiben auf die den Vorschriften nicht entsprechende Färbung des Kartons nicht einging, so fragte die Versuchsanstalt zunächst an, ob der Karton, abgesehen von dem Gehalt an Jute, den Vorschriften entsprechend hergestellt sei, worauf folgende Antwort einging:

---

[1]) Der Prüfungsbefund lautete: Cellulose ca. 50 %; Leinen ca. 37 %; Baumwolle ca. 13 %; Jute vereinzelte Fasern.

„Der fragliche Invalidenkarton ist in der vorgeschriebenen Stoffmischung, nämlich aus 50 % Cellulose, 30 % Leinen, 20 % Baumwolle hergestellt und weist eine Reißlänge von 4500 m, eine Dehnung von 4,2 % und 2,75 % Aschengehalt auf."

Da diese Zuschrift keine zufriedenstellende Antwort auf die gestellte Frage ergab, so wurde nochmals angefragt, ob der Karton, abgesehen von den Faserstoffen, in allen Punkten den Vorschriften entsprechend hergestellt sei, worauf die Fabrik folgendes erwiderte:

„Wir haben den in Rede stehenden Invalidenkarton in jeder Beziehung, wie es die gesetzlichen Vorschriften vorschreiben, hergestellt, was natürlich auch vom Gewicht desselben, nämlich ca. 280 g pro qm, sowohl wie für Farbe und Format gilt."

Daraufhin fragte die Versuchsanstalt an, ob die Beamten, Arbeiter ꝛc. der Fabrik auch beschwören könnten, daß der Karton vorschriftsmäßig gefärbt worden sei, worauf folgende Antwort einging:

„Wir theilen Ihnen mit, daß nach der gesetzlichen Verordnung in .....[1]) keine Vorschriften für die bei Anfertigung des Invalidenkartons zu verwendenden Farbstoffe bestehen. Wir haben den Karton mit Ocker, ohne den Aschengehalt des Kartons dadurch zu vermehren, und einen kleinen Zusatz von Auramin gefärbt."

Obwohl der Versuchsanstalt die Behauptung der Fabrik, in .....[1]) beständen keine Vorschriften für die Färbung von Invaliditätskarton, von vornherein sehr unwahrscheinlich erschien, wurde trotzdem noch eine Anfrage an das Reichsversicherungsamt gerichtet, welches denn auch bestätigte, daß die Vorschriften über die Eigenschaften des Kartons für den ganzen Umfang des deutschen Reiches Gültigkeit haben.

Inzwischen wurde eine Probe des Jute enthaltenden Kartons auf Veranlassung der Versuchsanstalt von derselben Prüfungsanstalt mikroskopisch untersucht, welche das Seite 235 wiedergegebene Gutachten abgegeben hatte; die Anstalt bestätigte das Vorhandensein von Jute wie folgt:

„Ich befinde mich bezüglich des Jutebefundes mit Ihnen im vollen Einklange. Die Jutefasern sind darin sehr gut erhalten und fallen durch die extreme Beschaffenheit ihres Lumens sofort auf.

Der von mir früher untersuchte Karton enthielt nur vereinzelte Jutefasern und diese fast ausnahmslos in verholztem Zustande."

Das Ergebniß der Prüfung bewies, wie die Versuchsanstalt bereits vermuthet hatte, daß der erwähnten Anstalt ein anderes Material vorgelegen hatte als das seitens der Versicherungsanstalt und deren Lieferanten der Versuchsanstalt eingereichte.

Diese Thatsache wurde dann noch durch eine weitere Untersuchung bestätigt; der Direktor der in Frage kommenden Papierfabrik erschien zur persönlichen Rücksprache über diesen Fall in der Versuchsanstalt und überreichte ein Stück der Probe, von welcher er einen Theil zur Kontrolluntersuchung weitergegeben hatte. Die Probe wurde untersucht und festgestellt, daß Jute in ihr nicht vorhanden war.

Die Akten der Versuchsanstalt enthalten noch eine ganze Reihe ähnlicher Fälle, indessen werden die hier mitgetheilten schon genügen, um dem Leser die Ueberzeugung zu verschaffen, daß bei Anfechtungen von Prüfungsergebnissen nicht immer in sachlicher Weise vorgegangen wird.

---

[1]) (Deutscher Bundesstaat.)

Weder die Fabrikationsbücher noch der Eid der Angestellten können im allgemeinen beweisen, aus welchen Stoffen ein Papier hergestellt ist; dies kann nur durch eine eingehende Untersuchung des fertigen Materials festgestellt werden. Die Fabrikationsbücher besagen nur, daß die Absicht vorlag, das Papier aus bestimmten Stoffen herzustellen; ob dies geschehen ist, kann nur eine Prüfung des fertigen Papiers ergeben.

Noch bedenklicher liegen die Verhältnisse, wenn der Eid die Zusammensetzung eines Papiers bestätigen soll; kein Papierfabrikant und kein Angestellter der Fabrik ist in der Lage ohne Untersuchung beispielsweise zu beeiden, daß ein Papier, das aus reinen Lumpen hergestellt werden sollte, keine Cellulose enthält, weil es ihm unmöglich ist, die gesammte Fabrikation zu übersehen.

Will der Fabrikant der Stoffzusammensetzung seines Papiers absolut sicher sein, so wird auch ihm nichts anderes übrig bleiben als die fertige Waare mit dem Mikroskop zu untersuchen.

B. Gewebeprüfung.

Der Versuchsanstalt wurden Proben eines groben Gewebes zur Feststellung der zu seiner Herstellung verwendeten Fasern eingereicht; insbesondere sollte festgestellt werden, ob das Gewebe frei von jeder Flachsbeimischung sei. Letztere Bedingung war bei Beschaffung des Gewebes ausdrücklich gestellt worden, der Fabrikant behauptete die Bedingung erfüllt zu haben, während eine ostpreußische Versuchsstation, der das Gewebe zur Prüfung eingereicht war, das Vorhandensein geringer Mengen Flachs aussprach. Dieser Prüfungsbefund veranlaßte den Interessenten, den Sachverhalt der Versuchsanstalt mit dem Ersuchen um nochmalige Prüfung des Gewebes zu unterbreiten.

Die eingereichten Proben, an denen zum Theil noch die Webkante vorhanden war, zeigten in der Kette vorzugsweise weiße und in größeren Abständen einige eingewebte rothe Fäden. Der Schuß bestand aus einer erheblich gröberen, ungebleichten Faser.

Die mikroskopische Prüfung ergab, daß die Kette, und zwar sowohl die weißen als auch die rothen Fäden ausschließlich aus Baumwolle bestanden, während sich die Schußfäden als reiner Hanf erwiesen.

Für das Vorhandensein von Flachs konnte in einer großen Anzahl von Präparaten kein Anhalt gefunden werden.

Bei Uebersendung des Prüfungszeugnisses ersuchte die Versuchsanstalt den Antragsteller, im Interesse der Sache bei der Versuchsstation, welche die erste Prüfung ausgeführt hatte, anzufragen, auf Grund welcher Beobachtungen sie das Vorhandensein der Flachsfasern ausgesprochen hatte. Der Antragsteller ging in bereitwilligster Weise hierauf ein und erhielt nachstehende im Wortlaut wiedergegebene Antwort:

> „Bei der Untersuchung dieser Hanfleinwand zeigte sich schon äußerlich, das der „Einwurf" wesentlich anders als der „Aufzug" beschaffen ist. Die Faser des Einwurfes ist feiner und giebt mit Anilinsulfat nur eine schwache Färbung, während der Aufzug eine gröbere Faser hat und mit Anilinsulfat gelb gefärbt wird. Da Leinenfaser feiner ist und mit Anilinsulfat eine schwache und die gröbere Hanffaser eine gelbe Färbung giebt, so muß hiernach angenommen werden, daß diese Leinwand aus Leinen- und Hanffasern besteht."

Der Versuchsstation ist also einmal entgangen, daß die ganze Kette des Gewebes aus Baumwolle besteht, und ferner baut sie ihre Schlüsse über Hanf und Leinen auf eine in

jeder Beziehung unwissenschaftliche Grundlage auf. Die Behandlung mit Anilinsulfat kann nur über den Grad der Verholzung einer Faser Aufschluß geben, niemals über den Ursprung der letzteren. So wie sich hier Kette und Schuß gegen Anilinsulfat verhalten, verhalten sich eine große Anzahl anderer Fasern, und die Versuchsstation hätte mit derselben Berechtigung ihr Urtheil beispielsweise dahin abgeben können, daß das untersuchte Gewebe aus Ramie und Jute besteht. Die Versuchsanstalt klärte den Antragsteller über den wissenschaftlichen Werth des seitens der Versuchsstation abgegebenen Gutachtens auf, mit der Bitte, diese Aufklärung der Ausstellerin des Gutachtens zu unterbreiten. Dies geschah; eine Antwort ist hierauf indessen nicht eingegangen.

Im Interesse aller betheiligten Kreise dürfte aber die Mittheilung über solche Vorkommnisse liegen, welche geeignet sind das Zutrauen zu dem Materialprüfungswesen zu erschüttern und falsche Vorstellungen über den Werth desselben zu erwecken.

Ihren Abschluß fand diese Angelegenheit für den Antragsteller durch eine nochmalige Untersuchung des fraglichen Gewebes durch einen Botaniker an einer süddeutschen Hochschule; dieser gab folgendes Gutachten ab:

„Unter Zugrundelegung von je 50 Fäden aus Schuß und Kette hat sich Folgendes ergeben:

1. Die weißen Fäden (und ebenso die rothen) sind aus reiner Baumwolle gefertigt.
2. Die anderen Fäden sind ausschließlich von Hanffasern hergestellt.

Sorgfältigstes Studium aller einzelner Fasern der oben erwähnten 50 Fäden ließ auch nicht eine einzige Leinenfaser nachweisen."

C. Papierprüfung in Italien.

In Nr. 1—2 der Rivista delle Biblioteche e degli archivi 1895 veröffentlicht Dr. Ermanno Loevinson, Staatsarchivar in Rom, einen längeren Artikel über die Nothwendigkeit und Wege zur Verbesserung der bei den italienischen Behörden gebrauchten Papier- und Tintensorten.

Der Verfasser giebt zunächst einen historischen Ueberblick über die Entwickelung der Papierprüfungsfrage und weist, sich stützend auf die bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen auf diesem Gebiete, auf die Gefahren hin, die auch für die Archive, Bibliotheken ꝛc. Italiens unausbleiblich sind, wenn die Papierverbrauchsfrage nicht in richtige Bahnen gelenkt wird. Um zu untersuchen, in welcher Weise dies am zweckmäßigsten zu geschehen hat, vergleicht der Verfasser zunächst die in den verschiedenen Ländern zur Zeit bestehenden Vorschriften zur Beschaffung eines einwandfreien Papiers für Behörden.

Das dänische und finnländische System, welches den eigenartigen Verhältnissen dieser Länder angepaßt ist, hält Verfasser mit Recht für sehr zweckmäßig zur Erreichung des vorgesteckten Zieles. Solche Bestimmungen sind aber nur durchführbar bei Ländern mit verhältnißmäßig geringer Einwohnerzahl und einem wenig komplizirten Verwaltungsapparat; die geringe Anzahl der Papierfabriken in jenen Ländern giebt eine weitere Möglichkeit für die Durchführung solcher Vorschriften. Für Italien mit seiner großen Papierindustrie wäre das dänische und finnländische System nicht zweckmäßig.

Was in Oesterreich bisher auf dem Gebiete der Normalpapiere geschehen ist, hält Verfasser nicht für ausreichend, da man sich dort mit der Errichtung einer Papierprüfungsanstalt

begnügt und noch keine Vorschriften für die Verwendung von Papier an amtlichen Stellen erlassen hat.

Als bestes System wird das preußische empfohlen, wobei der Verfasser noch darauf hinweist, daß auch in Frankreich die preußischen Bestimmungen Eingang gefunden haben.

Die Einführung ähnlicher Bestimmungen verlangt Loevinson daher auch für Italien und fordert als wesentlichste Punkte:

> Freies Konkurrenzausschreiben, Normalien über Festigkeit, Stoffzusammensetzung, Bogengröße ꝛc., Errichtung einer Prüfungsanstalt wie solche in Charlottenburg, Helsingfors ꝛc. bestehen und Aufstellung von Vorschriften wie die preußischen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken.

Die Mängel des jetzigen italienischen Stempelpapiers werden noch besonders hervorgehoben und Vorschriften über die Eigenschaften desselben verlangt.

Zum Schluß kommt der Verfasser noch kurz auf die Tintenprüfung zu sprechen und empfiehlt auch hier die preußischen Vorschriften.

Etwas befremdlich klingt die Bemerkung des Verfassers, daß der Sand, welcher vielfach zum Trocknen der Schrift benützt wird, unter Umständen sehr schädlich auf die Schriftzüge einwirken soll; er verlangt deshalb, das die Regierung bei Festsetzung von Tintennormalien auf diesen Punkt thunlichst Rücksicht nehmen und Gutachten über die Brauchbarkeit der verschiedenen Sandsorten einholen soll. Auch für die Notare will Verfasser die Verwendung der Tintenklasse I vorgeschrieben und den Gebrauch schädlichen Streusandes untersagt wissen.

D. Urkundenpapier.

Ein größerer Posten Kanzleipapier war von einem Rechtsanwalt in einer Papierhandlung als „Urkundenpapier" gekauft und verbraucht worden; eine zweite Lieferung, welche der Bestellung gemäß dem erstverbrauchten Papier in jeder Beziehung entsprechen sollte, wurde von dem Empfänger beanstandet, weil sie nach seiner Ansicht „viel schwächer, weniger dauerhaft und deshalb zur Niederschrift von Urkunden weniger geeignet sei als die erste Lieferung".

Zur Feststellung der Richtigkeit dieser Behauptung wurden von jeder Lieferung 10 Bogen zur Prüfung an die Versuchsanstalt eingeschickt; die gewonnenen Prüfungsergebnisse sind nachstehend gegenübergestellt.

Versuchsergebnisse.

Probe	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Gewicht der 10 Bog. g	Gewicht des Quadratmeters g	Zimmer- Wärme C°	Zimmer- Feuchtigkeit %
Lieferung I	3355	2,1	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle, Leinen	11,0	leimfest	145	105	19,0	65
Lieferung II	3660	3,0	sehr gering	Holz-, Strohcellulole, Baumwolle	12,8	leimfest	128	92	19,0	65

Aus diesen Versuchsergebnissen ergiebt sich, daß beide Lieferungen hinsichtlich der Festigkeit und Stoffzusammensetzung nicht wesentlich von einander abweichen, daß aber die Lieferung II der Lieferung I hinsichtlich des Gewichtes, soweit sich dies aus den eingeschickten 10 Bogen jeder Sorte beurtheilen läßt, nicht entspricht.

Beide Lieferungen müssen als zur Niederschrift von Urkunden gänzlich ungeeignet bezeichnet werden. Dieser Fall bietet einen weiteren Beleg für die in der Arbeit: Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels[1]) durch zahlreiche Beispiele belegte Thatsache, daß es im Papier-Kleinhandel im großen und ganzen an Verständniß für gutes Papier fehlt, und daß die Wahrscheinlichkeit, beim Einkauf von Papier in Papier-Kleinhandlungen wirklich gute und ausdauerfähige Papiere zu erhalten, überaus gering ist.

E. Aschengehalt.

Bei Prüfung eines Normalpapiers 3a mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen im Auftrage einer Behörde zeigten die 5 Bogen einer Lage erhebliche Unterschiede hinsichtlich des Aschengehaltes; es hatte

Bogen Nr. 1 = 5,0 % Asche
" " 2 = 4,8 % "
" " 3 = 7,3 % "
" " 4 = 7,3 % "
" " 5 = 5,0 % "

Der mittlere Aschengehalt betrug also 5,9 % und das Papier mußte beanstandet werden. Da die Bogen 1, 2 und 5 einerseits und die Bogen 3 und 4 andererseits im Aschengehalt gut übereinstimmen, so liegt die Vermuthung nahe, daß die Lage aus Bogen zweier verschiedener Anfertigungen bestand, von denen die eine im Aschengehalt eben noch genügte, die andere nicht.

F. Oxydirende Bestandtheile im Papier.

Gelegentlich der Untersuchung eines dünnen gelben Einschlagpapiers, welches zur Umhüllung blanker Stahlwaaren Verwendung finden sollte, machte die Versuchsanstalt eine eigenthümliche Beobachtung; auf feuchtes Kaliumjodid-Stärkepapier gelegt, erzeugte das fragliche Papier auf diesem eine starke Blaufärbung, welche sich sehr gleichmäßig über die berührte Fläche verbreitete; in dem Einschlagpapier mußte also ein oxydirender Bestandtheil vorhanden sein, der das Jodkalium zersetzte.

Nach einer Mittheilung des Einsenders ist das Papier nach einem patentirten Verfahren mit Kohlenwasserstoffen imprägnirt worden, welche ihm absolut rostschützende Eigenschaften verleihen sollen.

Vermuthlich handelt es sich also um ein nach dem Patente der Firma Printz & Co. in Aachen (D. R.-P. 74180) hergestelltes Papier; das Verfahren ist nach der Patentschrift dadurch gekennzeichnet, daß das Papier mit schwerflüchtigen Kohlenwasserstoffen, in welchen leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe gelöst sind, getränkt wird.

Wenn man blanke und polirte Metallgegenstände in derartiges Papier verpackt, so sollen sich nach Angabe des Patentes die leichten Kohlenwasserstoffe, welche sich beständig verflüchtigen, auf die Metallgegenstände niederschlagen, diese mit einer dünnen, farblosen Haut (?) überziehen und so vor jeder Rostbildung schützen. Leichte Kohlenwasserstoffe allein kann man zum Imprägniren nicht verwenden, weil diese sich bald vollständig verflüchtigen würden; die

[1]) „Mittheilungen" 1894 Heft 6, 1895 Heft 5.

schweren Kohlenwasserstoffe dienen gewissermaßen als Bindemittel und verlangsamen die Verflüchtigung.

Diese in dem Papier vorhandenen Kohlenwasserstoffe dürften wohl auch die Ursache der oben geschilderten Blaufärbung des Jodkalium-Stärkepapiers gewesen sein.

Dr. H. Nördlinger in Bockenheim hat über eine ähnliche bei gefirnißtem Papier beobachtete Erscheinung kürzlich eine Mittheilung[1]) veröffentlicht, welche hier kurz erwähnt sein mag.

Dr. Nördlinger fand, daß Papier, welches mit Leinölfirniß getränkt oder bestrichen wird, Jodkaliumlösung zersetzt; bringt man auf ein derartig behandeltes Papier nach dem Trocknen Jodkaliumlösung, so färbt sich die angefeuchtete Stelle in Folge von Jodausscheidung in kurzer Zeit zuerst gelb, dann braun und schließlich schwarzbraun; nicht gefirnißtes Papier gab die Reaktion nicht.

Die Ursache dieser Jodausscheidung ist nach Nördlinger Wasserstoffsuperoxyd, welches sich bei der langsamen Oxydation, dem Trocknen des Firnisses unter dem Einfluß von Luft und Licht bildet. Dieses Wasserstoffsuperoxyd kann auf gefirnißten Flächen noch nach Jahren nachgewiesen werden. So wurde, wie Nördlinger mittheilt, Jodkaliumlösung auf Papier, welches vor drei Jahren mit Leinölfirniß getränkt worden war, ebenso leicht zersetzt wie auf Papier, das am Tage vorher gefirnißt wurde.

Das gefirnißte Papier giebt auch beim Schütteln mit Wasser oder wasserstoffsuperoxydfreiem Aether Wasserstoffsuperoxyd an das Lösungsmittel ab und die wässerige oder ätherische Lösung setzen beim Schütteln mit Jodkaliumlösung Jod in Freiheit.

Aehnlich wie hier beim gefirnißten Papier kann sich bei dem eingangs erwähnten Papier, wenn z. B. Terpentin zum Imprägniren verwendet wurde, die Zersetzung des Jodkaliums auf das Vorhandensein von Wasserstoffsuperoxyd zurückführen lassen.

---

4. Unterscheidung von Petroleumbenzin und Steinkohlenbenzin.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung Dr. Holde.

In den technischen Handbüchern von Post[2]) und Böckmann[3]) finden sich als Unterscheidungsmittel für Petroleumbenzin und Steinkohlenbenzin[4]) unter anderem die Färbungen angegeben, mit denen sich Jod in je einem der beiden Benzine oder ihren Mischungen löst.

Die Angaben über die Färbungen, welche Jod mit dem aus Steinkohlentheer gewonnenen Benzin giebt, widersprechen sich jedoch in den genannten Büchern. Nach Post löst sich nämlich Jod in Steinkohlenbenzin mit purpurrother, nach Böckmann indessen mit charakteristischer

---

[1]) Ueber eine Zersetzung von Jodkaliumlösung und das Vorkommen von Wasserstoffsuperoxyd auf Leinölfirnißanstrichen. Pharmazeutische Centralhalle für Deutschland 1894, Nr. 51.

[2]) „Chem.-Techn. Analyse", II. Aufl. 1888—1889, S. 309.

[3]) „Chem.-Techn. Untersuchungsmethoden", 1893, S. 985.

[4]) „Steinkohlenbenzin" wird gewönlich das bei der Steinkohlentheerdestillation gewonnene, bei 80,5 C° siedende Benzol bezeichnet.

violetter Farbe. Petroleumbenzin soll sowohl nach Post wie nach Böckmann Jod mit himbeerrother Farbe lösen.

Um die vorhandenen Widersprüche in Bezug auf die Angabe der Färbungen aufzuklären und die etwaige Brauchbarbeit der fraglichen Färbungen zum Nachweis des einen Benzins im anderen zu prüfen, wurden die in nachstehender Tab. 1 mitgetheilten Versuche angestellt. Bemerkt sei, daß nach Böckmann in Gemischen von beiden Benzinen, welche mit einer kleinen Menge Jod geschüttelt wurden, die violette Färbung des Benzols deratig in den Hintergrund treten soll, daß die himbeerrothe Färbung des Benzins vorwaltet.

Zu den hier ausgeführten Versuchen wurde mit reinem Petroleumbenzin von Scherings Grüner Apotheke, Berlin, spezifisches Gewicht 0,64, mit solchem von Kahlbaum, Berlin, spezifisches Gewicht 0,70, und einem bis 35 C° siedenden Petroläther gearbeitet. In ersteren beiden Benzinen wurde nach dem Vorschlage von Krämer und Böttcher auf aromatische Kohlenwasserstoffe (Steinkohlenbenzin) mittelst Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,497 geprüft und hierbei deren Abwesenheit nachgewiesen. Bei dem bis 35 C° siedenden Benzin war diese Prüfung wegen der niederen Siedegrenze nicht nöthig. Das Steinkohlenbenzin (Benzol) war von Scherings Grüner Apotheke bezogen, löste Asphalt klar auf und siedete zwischen 80 und 81 C°.

Tabelle 1. **Färbungen der Lösungen von Jod.**

Prozentgehalt an Petroleumbenzin			100	75	50	40	25	0	Bemerkungen
Prozentgehalt an Benzol			0	25	50	60	75	100	
Spezifisches Gewicht des benutzten Petroleumbenzins	0,64	Versuchsart 1[1])	roth mit violettem Schein, klar durchsichtig	roth mit violettem Schein, klar durchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	Versuchsart 1: dunkelrothviolett, undurchsichtig	[1]) Bei der Versuchsart 1 wurden einige ccm des Lösungsmittels mit reichlichen Mengen Jod (mehrere Blättchen) in Reagensglase geschüttelt.
		Versuchsart 2[2])	schwach rosaviolett, klar durchsichtig	rosa mit schwach violettem Schein, klar durchsicht.	purpurroth, klar durchsichtig	—	purpurroth, klar durchsichtig		[2]) Bei der Versuchsart 2 wurden einige ccm des Lösungsmittels durch ein gewöhnliches Filter, in dessen unterem Theil sich einige Jodblättchen befanden, in das Reagensglas gegossen.
	0,70	Versuchsart 1[1])	violett, klar durchsichtig	violett mit Stich ins Rothe, klar durchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	dunkelrothviolett, undurchsichtig	Versuchsart 2: purpurroth, klar durchsichtig	
		Versuchsart 2[2])	rosa mit violettem Schein, klar durchsichtig	rosaroth mit violettem Schein, klar durchsichtig	roth mit violettem Schein, durchsichtig	roth mit violettem Schein, durchsichtig	purpurroth mit schwach viol. Schein, durchsichtig		

Bis 35 C° siedendes Benzin, mit reichlichen Mengen Jod geschüttelt, gab klar durchsichtige violette Lösung.

Nach vorstehenden den Angaben von Post und Böckmann widersprechenden Prüfungsergebnissen ist die Färbung verschiedener Petroleumbenzine violett oder rosaviolett bis violettroth und in ihrem Charakter von der Konzentration der Lösung abhängig. Die Abhängigkeit der Farbe von der Konzentration der Lösung gilt ganz besonders auch für das Steinkohlenbenzin, welches in verdünnter Lösung (Versuchsart 2) dunkelroth, in konzentrirter Lösung dunkelrothviolett aussieht. Das Benzol ist, wie Versuche von Dr. Ruhemann ergaben, in

Mengen bis 50 % noch im Petroleumbenzin dadurch zu erkennen, daß es bei reichlichen Jodmengen (Versuchsart 1) undurchsichtige, dunkelrothe Färbung giebt. In verdünnter Lösung (Versuchsart 2) verrathen sich 40 % Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,70 noch durch einen deutlich violetten Schein in der durch Benzol dunkelroth gefärbten Lösung. Von dem Benzin vom spezifischen Gewicht 0,64 sind 50 % nicht mehr in Benzol zu erkennen.

Man kann demnach die Jodprobe nur zum Nachweis ganz grober Zusätze des einen Benzins in dem anderen verwenden und hierbei die Versuchsart 1 oder 2 benutzen.

Nach den so festgestellten schlechten Ergebnissen der Jodprobe schien es rathsam, die verschiedene Löslichkeit von Asphalt in Petroleumbenzin und Benzol in Rücksicht auf die Unterscheidung beider Benzine näher zu prüfen. Die Angabe in Post, daß Asphalt in Petroleumbenzin unlöslich ist, muß cum grano salis genommen werden. So wurde früher vom Verfasser gezeigt[1]), daß reiner, aus Mineralschmierölen abgeschiedener Asphalt in Petroleumbenzinen von verschiedenem spezifischen Gewicht verschieden schwer löslich, und z. B. in Benzin vom spezifischen Gewicht 0,70—0,71 sogar erheblich löslich ist.

Ein syrischer, in Benzol klar löslicher Asphalt aus Scherings Grüner Apotheke gab an Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,70 erhebliche Mengen braunschwarzes Pech ab.

Um daher den Asphalt zur Erkennung von Steinkohlenbenzin (Benzol) in Petroleumbenzin benutzen zu können, muß man ihn zunächst durch Auswaschen mit einem reinen Petroleumbenzin von thunlichst hohem spezifischen Gewichte von den in Benzin löslichen Bestandtheilen möglichst befreien. Dieses Auswaschen geschah hier mit der schon genannten Probe syrischen Asphaltes und einem aus Mineralöl abgeschiedenen Asphalt so lange, bis das Benzin nach dem Schütteln mit einer überschüssigen Menge des gepulverten Asphalts im Reagensglase nur noch schwach gelb bis schwach braungelb erschien. Wurde in diesem Stadium eine sehr kleine Messerspitze von dem ausgewaschenen Asphalt auf ein Filter gebracht, und wurden auf letzteres einige ccm von Petroleumbenzin gegossen, so lief dieses bei wiederholten Versuchen vollständig farblos durch.

Die so zubereiteten Asphaltproben wurden nun zu nachstehenden Versuchen (Tab. 2, Seite 244) zur Erkennung von Benzol in Petroleumbenzin benutzt. Zur Ausführung der Versuche wurde, wie zuletzt beschrieben, je eine kleine Messerspitze gepulverter Asphalt auf ein gewöhnliches Filter gebracht und mit etwa 5 ccm des zu prüfenden Benzins übergossen. Die Farbe des in einem Reagensglas aufgefangenen durchfiltrirten Benzins wurde als Merkmal für die Gegenwart von Benzol beobachtet.

Zu den Versuchen wurden die oben erwähnten drei verschiedenen Petroleumbenzine, gemischt mit verschiedenen Mengen Benzol benutzt.

---

[1]) „Mittheilungen" 1893, S. 261.

Tabelle 2. **Färbung der Asphaltlösungen in benzolhaltigem Petroleumbenzin.**

Prozentgehalt des Petroleumbenzins an Benzol		0	5	10	15	20	30	50	75
Bis 35 C° siedendes Petroleumbenzin	Mineralöl-Asphalt	farblos	äußerst schwach gelblich	sehr schwach gelblich	sehr schwach gelblich	schwach hellgelb	gelbbraun	—	—
	Syrischer Asphalt	farblos	farblos	äußerst schwach gelblich	sehr schwach gelblich	sehr schwach gelb	schwach hellgelb	—	—
Petroleumbenzin vom spez. Gew. 0,64	Mineralöl-Asphalt	farblos	sehr schwach gelblich	schwach gelblich	schwach bräunlichgelb	schwach gelblich	hellbraun	—	—
	Syrischer Asphalt	farblos	sehr schwach gelblich	schwach gelblich	schwach bräunlichgelb	schwach gelblich	bräunlichgelb	gelbbraun	braun
Petroleumbenzin vom spez. Gew. 0,70	Mineralöl-Asphalt	farblos	sehr schwach gelblich	schwach gelblich	gelbbraun	hellbraun	dunkel röthlichbraun	—	—
	Syrischer Asphalt	farblos	sehr schwach gelblich	schwach gelblich	bräunlichgelb	bräunlichgelb	bräunlichgelb	braun, klar durchsichtig	braun, klar durchsichtig

Nach vorstehenden Ergebnissen kann man die Gegenwart von Benzol im gewöhnlichen Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,70 und solchem vom spezifischen Gewicht 0,64 bis zu einem Zusatz des ersteren von 5 bis 10 Prozent an der Gelbfärbung des Benzins durch gelösten Asphalt erkennen. Im bis 35 C° siedenden Benzin zeigte sich erst bei Zusatz von 10 % Benzol deutlichere Gelbfärbung. Mit zunehmendem Gehalt an Benzol werden die Färbungen stärker, so daß man auch beurtheilen kann, ob gröbere oder geringere Zusätze von Benzol zugegen sind. Andererseits kann man auch an der durch Asphalt erzeugten Färbung eines Benzols erkennen, ob in demselben größere Mengen Petroleumbenzin zugegen sind.

Daß bei den Mischungen von bis 35 C° siedendem Petroleumbenzin mit Benzol die durch Asphalt erzeugten Färbungen schwächer sind als bei den entsprechenden Mischungen mit den höher siedenden Petroleumbenzinen, darf nicht Wunder nehmen, da der Asphalt in dem am leichtest siedenden Benzin am schwersten löslich ist.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XIII. Jahrgang. **1895.** Sechstes Heft.

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1894/95.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

a. Personalbestand.

Die stetig wachsende Inanspruchnahme der Abtheilung für Metallprüfung machte die Vermehrung des Personals um einen Assistenten und zwei technische Hülfsarbeiter erforderlich.

b. Vermehrung der Hülfsmittel.

Zur Vervollständigung der Ausrüstung der Anstalt mit Versuchsapparaten wurden beschafft für die Abtheilung für Metallprüfung zu Betonprüfungen Einspannvorrichtungen für Zugproben mit 200 × 200 mm Querschnitt und Meßvorrichtungen zur Bestimmung der Längenänderungen beim Erhärten, Erwärmen bis auf 40 C° und Abkühlen bis auf — 20 C°; ferner ein selbstaufzeichnendes Thermometer von Richards; für die Abtheilung für Papierprüfung ein kleiner Probeholländer sowie ein Schopperscher Dickenmesser, und für die Abtheilung für Oelprüfung ein Apparat von Künkler zur Bestimmung der Zähigkeit von Fetten.

c. Arbeiten der Anstalt.

In der Abtheilung für Metallprüfung wurden 226 Aufträge erledigt, von denen 56 auf Behörden und 170 auf Private entfallen. Diese Aufträge umfassen 3510 Einzelversuche und zwar: 2198 Zugversuche (404 mit Stahl, 356 mit Eisen, 518 mit Legirungen, 67 mit Treibriemen, 20 mit Drahtseilen, 123 mit Draht, 257 mit Hanfseilen, 120 mit Ketten, 35 mit Bindfäden, 48 mit Pappe, 103 mit verschiedenen Konstruktionstheilen, 147 mit Beton); 417 Druckversuche (61 mit Röhren, 6 mit Stahl, 13 mit gemauerten Körpern, 27 mit Eisen, 27 mit Pappe, 207 mit Beton, 5 mit Sandstein, 25 mit Holz, 46 mit verschiedenen Konstruktionstheilen); 53 Biegeversuche (3 mit Röhren, 4 mit Eisen, 6 mit Holz, 40 mit verschiedenen Konstruktionstheilen); 8 Versuche auf Drehung (6 mit Draht, 2 mit Konstruktionstheilen); 61 Scheerversuche (9 mit Draht, 3 mit Gußeisen, 8 mit Beton, 41 mit Holz); 109 Schlagversuche (5 mit Draht, 90 mit Eisen, 4 mit Schrot, 10 mit Legirungen); 265 Kaltbiegeproben (131 mit Stahl, 26 mit Draht, 102 mit Eisen, 6 mit Legirungen); 85 Schmiedeproben; 9 Untersuchungen von Apparaten; a. 28 Versuche auf inneren Druck, b. 6 Spaltversuche mit Holz, c. 24 Dauerversuche mit Drähten, d. 96 Messungen des Ausdehnungsvermögens von Betonkörpern, e. 36 Photographische Aufnahmen, f. Anfertigung

von 115 qcm Schliffe für mikroskopische Untersuchungen; desgleichen Farbenuntersuchungen und Glühversuche.

Ferner wurden 9 Gutachten abgegeben.

Unter den erledigten Prüfungsaufträgen mögen hier folgende besonders umfangreiche Arbeiten hervorgehoben sein:

1. Versuche mit spiralgeschweißten Röhren auf Druck- und Knickfestigkeit bei verschiedenen Längen und Durchmessern, auf Widerstand gegen inneren Druck und auf Zugfestigkeit der Schweißnähte im Verhältniß zur Festigkeit des rohen Bleches.
2. Zugversuche mit nahtlosen, nach dem Klatteschen Verfahren gewalzten und mit aus Draht gebogenen sogenannten Patentketten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind seitens der Antragsteller zum Theil in der Zeitschrift „Stahl und Eisen" veröffentlicht.
3. Vergleichende Versuche mit Feuerwehrleinen verschiedener Fertigungsart zur Ermittelung der Festigkeit und Dehnung bei stetig wachsender und stoßweise wirkender Belastung im lufttrockenen und nassen Zustande.
4. Zwei Anträge auf Prüfung von Kohlensäure- und Wasserstoffflaschen verschiedener Herkunft. Die Ergebnisse der ersten, angestellt im Auftrage der Aktien-Gesellschaft für Kohlensäure-Industrie zu Berlin sind in den Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten 1894, Heft 5/6 veröffentlicht. Die zweite Prüfung betraf die aus der Explosion auf dem Uebungsplatze der Königlichen Luftschifferabtheilung zu Schöneberg herstammenden Flaschen. Sie erstreckte sich auf umfassende Festigkeitsuntersuchungen mit dem Material der Flaschen und auf mikroskopische Untersuchungen des Materialgefüges und führten zur Aufstellung neuer Bedingungen für die Lieferung derartiger Flaschen.
5. Vergleichende Versuche über die Zugfestigkeit von Schraubenbolzen mit Whitworth-, Sellers- und dem vom Verein deutscher Ingenieure in Vorschlag gebrachten Gewinde.
6. Zugversuche mit Manganbronzen verschiedenen Mangangehaltes bei Zimmerwärme und höheren Wärmegraden bis zu 400 C°.
7. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der Kälte bis zu — 80 C° auf die Zugfestigkeit, Biegsamkeit und Stauchungsfähigkeit von 7 verschiedenen Eisen- und Stahlsorten.
8. Umfassende Festigkeits- und Dehnungsversuche mit verbleitem Kupferblech unter besonderer Berücksichtigung des Haftvermögens des Bleibelages an dem Kupferblech.
9. Festigkeitsversuche mit afrikanischen Hölzern.

Die Ergebnisse aus den unter 6—9 genannten Untersuchungen sind in den „Mittheilungen", Jahrgang 1895 veröffentlicht.

Ferner sind zu nennen:

10. Biege- und Verwindungsversuche mit Treppenstufen aus künstlichem Sandstein.
11. Druckversuche mit Gelenkquadern aus Sandstein und Beton unter Ermittelung der Spannungsvertheilungen in den Quadern.
12. Umfassende Untersuchungen über den Einfluß des Mischungsverhältnisses auf die Zug- und Druckfestigkeit sowie auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Beton.

Zu den Untersuchungen von Flaschenzügen auf Tragfähigkeit und Wirkungsgrad, von Röhren aus Steingut und Cement sowie von Eisenanstrichfarben, die im Jahre 1893/94 neu in den Thätigkeitskreis der Abtheilung für Metallprüfung hineingezogen waren, lagen auch im letzten Jahre wieder eine ganze Reihe von Aufträgen vor. Die Farbenprüfungen nahmen einen so erheblichen Umfang an, daß eine Hülfskraft ausschließlich mit ihrer Durchführung beschäftigt war. Die hierbei angewendeten Verfahren sind weiter ausgebildet und haben, nachdem sie durch die abgegebenen Prüfungsbescheinigungen bekannt geworden sind, zum Theil auch bei der Prüfungsanstalt in Zürich Eingang gefunden.

Von den Untersuchungen im Auftrage der Königlichen Ministerien wurden fortgeführt die Dauerversuche mit Eisenbahnmaterial, die Untersuchungen über den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Festigkeitseigenschaften von Kiefern und Buchenholz, die Vorversuche über den Einfluß der Konstruktionsverhältnisse auf die Festigkeit von Drahtseilen, sowie die Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Eisen-Nickel-Legirungen.

Mit dem Berg- und hüttenmännischen Verein zu Siegen wurde gemeinsam ein umfassender Arbeitsplan ausgearbeitet zur Untersuchung der Widerstandsfähigkeit von Fein- und Grobblechen aus Schweißeisen, Thomas- und Siemens-Martin-Eisen gegen Rosten unter den verschiedensten Einflüssen. Ferner wurden Untersuchungen über den Einfluß des Blauwerdens auf die Druckfestigkeit von Kiefernholz angebahnt.

Im wissenschaftlichen Interesse sowie zum weiteren Ausbau der Prüfungsverfahren wurden umfassende Versuche über die Bindefähigkeit von Tischlerleim und über den Einfluß des Richtens auf die Festigkeitseigenschaften von Blechen angestellt. Bei der außerordentlich starken Inanspruchnahme der Abtheilung mit den auf Antrag anzustellenden Versuchen konnten diese wissenschaftlichen Arbeiten indessen noch nicht zum Abschluß gebracht werden.

In der Abtheilung für Papierprüfung wurden 617 Anträge erledigt, von denen 319 auf Behörden und 298 auf Private entfielen.

Sie umfassen die Prüfung von 1149 Papierproben, 67 Stoffen (Leinwand, Segeltuch, Seide, Plüsch u. s. w.), 10 Garnproben, 5 Pappen, 6 Rohstoffen für die Papierfabrikation und 4 Filtrirstoffen. Auf Antrag von Gerichtsbehörden wurden 4 Gutachten abgegeben.

In dem ersten Falle handelte es sich um die Untersuchung von 17 Papierproben auf ihre Leimfestigkeit. Es ergab sich, daß die Papiere hinsichtlich der Leimung sehr verschieden gearbeitet waren und theilweise als nicht leimfest bezeichnet werden mußten.

Im zweiten Falle handelte es sich darum festzustellen, ob ein Papier thierisch oder vegetabilisch geleimt war. Das Papier war als thierisch geleimtes bestellt und geliefert worden, der Empfänger behauptete aber, es sei nur mit Harz geleimt. Die Untersuchung ergab, daß das Papier sowohl mit Harz als auch mit Thierleim geleimt war.

Im dritten Falle wurden Papierbeutel untersucht, von denen die Empfänger behaupteten, daß sie nicht probegemäß geliefert seien. Dies traf zu hinsichtlich der Farbe, nicht aber, wie die Untersuchung zeigte, hinsichtlich der Stoffzusammensetzung zu. Festigkeitsversuche konnten wegen der geringen Menge des zur Verfügung stehenden Materials nicht ausgeführt werden.

Im vierten Falle wurde ein Braunholzpapier, welches nach Probe geliefert war, auf seine Stoffzusammensetzung und seinen Aschengehalt untersucht; hinsichtlich des letzteren erwies es sich als nicht probegemäß.

Von den erwähnten 617 Anträgen gingen 35 aus dem Auslande ein. Auf die verschiedenen Länder vertheilen sich diese wie folgt:

Oesterreich	6	Anträge mit	11	Papierproben
Frankreich	8	„ „	22	„
Holland	3	„ „	4	„
Süd-Afrika	2	„ „	16	„
Dänemark	1	„ „	1	„
Griechenland . . .	1	„ „	1	„
Schweden	10	„ „	31	„
Rußland	1	„ „	10	Garnen
Rumänien	1	„ „	1	Seidenplüschprobe
England	2	„ „	2	Papierproben.

Die Untersuchung der 1149 Papiere erstreckte sich in den meisten Fällen auf die Feststellung der Stoff- und Festigkeitsklassen behufs Einreihung in eine der Verwendungsklassen.

Bei den übrigen wurden einzelne Eigenschaften oder Gruppen von Eigenschaften für besondere Zwecke festgestellt.

Die Zahl der zur Prüfung auf Saugfähigkeit eingereichten Löschpapiere hat sich gegen das Vorjahr erheblich vermehrt; es wurden insgesammt 90 Löschpapiere deutschen, schwedischen, englischen, amerikanischen und französischen Ursprungs nach dem Winklerschen Verfahren auf ihre Saughöhe untersucht.

Die Zahl der Anträge, welche nicht nur die Feststellung der Art der in einem Papiere vorhandenen Fasern, sondern auch die Ermittelung der Mengenverhältnisse derselben bezwecken, ist in stetem Zunehmen begriffen. Es handelt sich hierbei sowohl um Muster, nach denen neue Fertigungen herzustellen sind und über die sich daher der Fabrikant erst Aufschluß schaffen will, als auch um die Kontrole von Lieferungen, für welche eine bestimmte Stoffzusammensetzung vorgesehen war.

Die Stoffe wurden theils auf Festigkeit, theils auf die zu ihrer Herstellung benützten Faserstoffe untersucht. Die Anträge dieser Art kommen vorzugsweise von den Militär- und Marinebehörden und bezwecken die Kontrole über vorschriftsmäßige Lieferung.

Von besonderen auf Antrag ausgeführten Untersuchungen seien folgende erwähnt:

1. Ueber die Ursache von Flecken, welche sich beim Oelen von Braunholzpapier, welches zur Herstellung von Hektographenpapier verwendet werden sollte, unliebsam bemerkbar machten.

   Die Flecke rührten von feuchten Stellen im Papier her, welche den Firniß nicht eindringen ließen. Nach dem Trocknen an der Luft konnten die Bogen anstandslos verarbeitet werden.

2. Die Untersuchung verschiedener Papier- und Briefumschlagproben, welche der südafrikanischen Republik seitens englischer Firmen gelegentlich einer Ausschreibung eingereicht wurden.

   Die Muster erwiesen sich zum großen Theil als geringwerthige Waare; sie zeigten fast durchweg geringe Festigkeit und hohen Aschengehalt.

3. Die Untersuchung von fünf Proben Strohzellstoff auf das Vorhandensein von zum Weißen benützten Farbstoffen.

Der Strohstofffabrik war vorgeworfen worden, daß sie die Weiße ihres Stoffes durch Färbung erziele; die Untersuchung lieferte indessen keinen Anhalt für die Richtigkeit dieser Behauptung.

4. Die Untersuchung einer Probe Seidenplüsch auf die Menge der vorhandenen Seide.
5. Die Untersuchung einer Probe Papierfangstoff auf seinen Gehalt an Erde, Fasern ꝛc.
6. Die Untersuchung einer Probe Pergamentpapier auf Fasergehalt, Asche und Pergamentirungsmittel.
7. Ueber die Ursache schwarzer Streifen in neuer Leinwand.

   Die Streifen rührten daher, daß einzelne Fäden beschmutzt waren, vermuthlich durch Berührung mit schmutzigem Schmieröl.
8. Die Vergleichung eines deutschen und eines amerikanischen Cementsackes aus Papier.

   Das deutsche Fabrikat zeigte eine ebenso große Festigkeit wie das amerikanische; in der Dehnung übertraf es letzteres erheblich.
9. Untersuchung einer größeren Anzahl Druckpapiere auf Vergilbungsneigung. Die Versuche wurden ausschließlich durch direkte Belichtung ausgeführt.
10. Die Untersuchung einer Probe Zellulose auf ihren Harzgehalt.
11. Vergleichende Prüfungen auf Festigkeit und Wasserdichtigkeit zwischen einer aus Hanf und einer zweiten aus Ramiéfaser hergestellten Leinwand.
12. Vergleichende Untersuchung über die Güte zweier von verschiedenen Firmen gelieferten Briefbeutel.

Zwei Volontäre wurden im Etatsjahr 1894/95 in der Papierprüfungsabtheilung ausgebildet; einer aus Deutschland, einer aus Schweden. Nach Fertigstellung des Neubaues für die Abtheilung kann eine größere Anzahl von Volontären gleichzeitig ausgebildet werden; zahlreiche Anmeldungen liegen bereits vor.

Von der durch die Abonnements für Papierprüfungen gewährten Preisermäßigung machten zwei Firmen Gebrauch, eine Handlungsfirma und eine Fabrik.

Die wissenschaftlichen und statistischen Arbeiten der Abtheilung (Normalpapiere, Wasserzeichenpapiere, Preßspahnprüfungen, Ueber die Bestimmung der Klebkraft verschiedener Gummisorten, Löschpapiere und Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels) sind in den „Mittheilungen“ 1894 veröffentlicht.

Die beiden letzterwähnten Arbeiten haben besonders interessante Ergebnisse geliefert und gaben Veranlassung zu einem lebhaften Meinungsaustausch in der Fachpresse.

Die Untersuchung der Löschpapiere zeigte, daß die weit verbreitete Vorliebe für englisches Löschpapier sachlich nicht begründet ist, da in Deutschland Papiere hergestellt werden, die hinsichtlich der Saugfähigkeit nichts zu wünschen übrig lassen und die die meisten englischen Marken bei weitem übertreffen. Für diese Thatsache ist inzwischen weiteres Material gesammelt worden, das in Heft 5 der „Mittheilungen“ 1895 veröffentlicht worden ist.

Die Untersuchungen mit den Schreibpapieren des Papier-Kleinhandels deckten überaus traurige Verhältnisse in diesem Handelszweig auf; sie zeigten, daß es nur in seltenen Fällen möglich ist, in den Papier-Kleinhandlungen wirklich gutes und ausdauerfähiges Papier zu erhalten, auch wenn man jeden Preis anstandslos bewilligt. Diese Zustände, welche vorwiegend auf mangelhafte Sachkenntniß der Papier-Kleinhändler zurückzuführen sind, müssen auf unsere Akten und Archive in bedenklicher Weise einwirken, da die aus dem Publikum eingehenden Schriftstücke einen erheblichen und wichtigen Theil der Akten ausmachen. Wegen

der Wichtigkeit dieser Frage sind inzwischen noch weitere Versuche ausgeführt worden, u. A. auch mit 52 Papieren, welche der Mitteldeutsche Papierverein zu Leipzig der Versuchsanstalt zur Verfügung gestellt hat, und die ermittelten Ergebnisse, welche eine weitere Bestätigung des oben Gesagten bilden, sind in Heft 5 der „Mittheilungen" 1895 veröffentlicht worden.

Die statistischen Aufstellungen über die Ergebnisse der im Auftrage von Behörden ausgeführten Prüfungen zeigen in überzeugender Weise, daß die Papiernormalien auf die Güte der Behördenpapiere einen überaus günstigen Einfluß ausgeübt haben. Während im Jahre 1889 nur 52 % aller im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen, stieg dieser Prozentsatz von Jahr zu Jahr, und im Jahre 1894 entsprachen 88 % den verlangten Bedingungen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese günstige Entwickelung vorzugsweise auf die Einführung des Wasserzeichens zurückzuführen ist.

In der Abtheilung für Oelprüfung wurden im verflossenen Jahre zu 132 Anträgen 259 Oele und Fette geprüft. Die Prüfungen betrafen 190 Mineralöle, 10 pflanzliche Oele, 7 thierische Oele, 31 gemischte Oele, 8 Wollfette, 1 Talg, 9 konsistente Maschinen- und Wagenfette, 2 Rostschutzmittel. Von den Anträgen entfallen 29 mit 80 Oelen auf Behörden und 103 mit 179 Oelen bezw. Fetten auf Private.

Der größte Theil der untersuchten Mineralöle und Rüböle wurde in Rücksicht auf die Abnahmefähigkeit des Materials nach vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen geprüft. Während die Anzahl der Streitfälle in Bezug auf den Flammpunkt der Mineralöle erheblich zurückgegangen ist, sind im vergangenen Jahre mehrfach Meinungsverschiedenheiten über das Gefriervermögen dunkler Mineralöle zwischen der Versuchsanstalt und einigen Auftraggebern entstanden. Die in der Anstalt vorgenommene Prüfung der einzelnen Streitfälle ergab, daß die strittigen Oele durch in ihnen stattgehabte Wärmeänderungen vor der Einlieferung an die Versuchsanstalt Verschiebungen ihrer Gefriergrenze erlitten hatten. Die Einzelheiten der gefundenen Ergebnisse und die Vorschläge der Anstalt, nach denen eine einheitliche Beurtheilung des Gefriervermögens derartiger Oele an verschiedenen Prüfungsstellen herbeizuführen ist, werden in Heft 6 der diesjährigen „Mittheilungen" zur Besprechung gelangen.

Gutachten wurden im Auftrage einer Behörde eins und drei im Auftrage von Privaten abgegeben.

Die Abonnementsvergünstigung der Abtheilung wurde im Laufe des vergangenen Jahres von zwei Behörden und zwei Privaten benutzt.

Von wissenschaftlichen Arbeiten sind im verflossenen Jahre folgende ausgeführt worden:

1. Untersuchungen über den Harzgehalt und die Verharzungsfähigkeit von Mineralölen.

Die Versuche ergaben, daß bei den handelsüblichen, hellen Maschinenölen nur in einzelnen Fällen geringer Harzgehalt, aber weder bei Zimmerwärme noch bei höheren Wärmegraden ein Verharzen nachzuweisen war, dagegen wurden bei den ungereinigten, asphaltreichen Rohölen bei Zimmerwärme und bei asphalthaltigen Residuen bei höheren Wärmegraden erhebliche Verharzungen festgestellt.

2. Vergleichende Prüfung von Dampfcylinderölen.

Zu diesen Untersuchungen wurde der Englersche Flüssigkeitgradmesser durch Anbringung eines Dampfbades zur Untersuchung bei 180 C° eingerichtet und das Verfahren, das Angriffsvermögen der Oele auf Gußeisen bei Gegenwart von hochgespanntem Dampf zu bestimmen, weiter ausgebildet.

3. Versuche zur Verkürzung der Flüssigkeitgradbestimmungen zähflüssiger Oele.

Durch Bestimmung der Ausflußzeiten einer kleineren Oelmenge als der in der Regel benutzten 200 ccm und Einführung von bestimmten Koeffizienten zur Berechnung der vorgeschriebenen Ausflußzeiten von 200 ccm wurde die angestrebte Verkürzung der Versuche in befriedigender Weise erzielt.

4. Der Penskysche Flammpunktsprüfer wurde nach voraufgegangenen vergleichenden Untersuchungen, um dem Verlöschen des Zündflämmchens zu begegnen, mit einer Sicherheitszündflamme versehen. Um dem Ueberkriechen der Oele bei sehr hohen Wärmegraden zu begegnen, wurde die Auffüllmarke um 0,5 cm tiefer gelegt.

5. Bei eingehenden Untersuchungen über den Einfluß des Wassergehaltes auf das Gefriervermögen von Mineralölen wurde festgestellt, daß die Gegenwart des Wassers das Fließvermögen der Oele in der Kälte im Allgemeinen nicht beeinträchtigt und daß unter Umständen Mischungen der Oele mit Wasser in Folge von eigenthümlichen Ueberkältungszuständen schwerer gefrieren als die wasserfreien Oele.

Die im vorjährigen Jahresbericht erwähnte Methode zur quantitativen Bestimmung des Wassers wurde neuerdings mit Erfolg auch bei fetten Oelen angewendet. Stark wasserhaltige Oele wurden vor der quantitativen Prüfung zwecks Verkürzung der Versuchsdauer mit gewogenen Mengen des entwässerten Oeles versetzt, um wasserärmere Proben für die nachfolgende Erhitzung zu erhalten.

Die Einnahmen der Anstalt, welche auf die im Jahre 1894/95 erledigten Anträge entfallen, belaufen sich insgesammt auf 52464,21 Mark.

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

Die Thätigkeit der Anstalt während des Etatsjahres 1894/95.

In dem genannten Zeitraume wurde die Thätigkeit der Chemiker durch folgende umfangreichen Arbeiten in Anspruch genommen:

1. Durch Fortsetzung der Ermittelung der Spannungsverhältnisse einer Reihe von Metallen und Metalllegirungen in Seewasser.
2. Durch Fortsetzung und Schluß der Versuche zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes einer Stahlprobe.
3. Durch Versuche zur Ermittelung der durch Erhitzen im Vacuum vergasbaren Bestandtheile eines Graphits.
4. Durch Versuche über die Bestimmung des Kohlenstoffes in Stahl.
5. Durch Versuche über die Ermittelung des Siedepunktes von Mineralölen.
6. Durch Versuche über die Destillation von Mineralöl.

Außer diesen Untersuchungen wurden in dem genannten Etatsjahre 461 Analysen erledigt.

Von diesen entfielen: auf Reichsbehörden 105, auf Staatsbehörden 110, auf Private 245, und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materie wie folgt:

a. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 186, Mineralien und Erze 5, Thon, Schiefer, Ziegelsteine, Schlacken 28, Kalk, Mörtel, Cement, Traß 22, Mineralfarben 23, Wasser 32, Laugen, Salze und Soolen 14, Verbrennungsgase 2, Summa 312.

Von den 186 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen auf: Eisen und Stahl, Stahllegirungen 98, Kupfer 11, Zinn 8, Zink 2, Messing 17, Bronze 7, andere Metalle 14, andere Legirungen 29.

b. Organische Materien.

Fette, fette Oele, Mineral- und Theeröle 53, Kohlen, Briquettes und Coaks 34, andere organische Stoffe (Seifen, Papier u. s. w.) 43, Summa 130.

c. Tinten.

Der Klasse I angehörend 18, der Klasse II angehörend 1, Summa 19.

C. Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Personalbestand.

Von dem aus dem Etat besoldeten Personal waren außer dem Vorsteher Professor Dr. Böhme beschäftigt 7 Personen, nämlich ein Assistent, ein technischer Hülfsarbeiter, zwei Kanzlisten und drei Gehülfen.

Nach dem am 29. Oktober 1894 erfolgten Tode des Vorstehers übernahm die provisorische Leitung der Prüfungs-Station der Vorsteher der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt Professor Martens, nachdem vorher dem Assistenten Burchartz die Vertretung des erkrankten Professors Böhme übertragen worden war. Am 1. April 1895 wurde die Prüfungs-Station als Abtheilung für Baumaterialprüfung mit der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt verbunden. Als Vorsteher dieser Abtheilung wurde der Ingenieur M. Gary berufen, der im Auftrage des Herrn Ministers bereits im Februar 1895 gemeinsam mit dem Direktor Martens eine Studienreise unternahm, um die mechanisch-technischen Laboratorien und Versuchsanstalten in München und Zürich in ihren Einrichtungen kennen zu lernen.

Arbeiten der Anstalt.

Die Inanspruchnahme der Prüfungs-Station für Baumaterialien seitens der Behörden und der Privaten ist in dem Rechnungsjahre 1894/95 eine sehr erhebliche gewesen. Namentlich haben die Behörden vielfach Cementprüfungen nach den preußischen Normen zur Kontrole der Lieferungen beantragt, aber auch Untersuchungen, welche zur eigenen Belehrung der Fabrikanten über die Güte ihrer Erzeugnisse dienen, oder die Einführung neuer Baustoffe in die Praxis erleichtern sollen, sind in großem Umfange ausgeführt worden.

Die Ausführung von Versuchen mit ganzen Konstruktionstheilen — im Gegensatz zu den Materialprüfungen — wird in immer erhöhterem Maaße gewünscht und muß besondere Berücksichtigung finden, obgleich gerade diese Versuche einen erheblichen Aufwand von Zeit und Kosten verursachen.

Von den bearbeiteten 1011 Prüfungsanträgen beziehen sich 866 Anträge (in 8629 Versuchen) auf Druck-, Zug-, Biegefestigkeit, Wasseraufnahme, Gefügebeschaffenheit, Wetterbeständigkeit, Frostbeständigkeit, Feuerbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Abnutzbarkeit und Härte von künstlichen und natürlichen Steinen, Dachziegeln, künstlichen Platten, Fliesen, Thon- und Cementröhren, sowie von künstlichen Sandstein- und Pflastersteinproben, Asphalt, Dachpappe, Schlackensteinen und Korksteinen, wozu die erforderlichen Versuchskörper meist in sachgemäßer Bearbeitung an die Anstalt eingereicht und, soweit erforderlich, daselbst für die Prüfung zugerichtet wurden; ferner gelangten zur Ausführung 145 Anträge (in 9610 Versuchen) auf Zug- und Druckfestigkeit, Gewicht, Mahlung, Abbindezeit, Wärmeerhöhung, Volumenbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Frostbeständigkeit und Abnutzbarkeit von Cementen,

Kalk, Gips, Cement- und Kalkmörteln, Betonprobekörpern u. s. w., für welche die Prüfungsobjekte und Versuchskörper aus den eingereichten Bindemitteln in der Anstalt hergestellt wurden.

Von den außerhalb der gebräuchlichen Versuchsreihen ausgeführten Prüfungen sind die folgenden zu erwähnen:

1. Belastungsproben mit Stoltes Bimsstein-Cementdielen (für Wände) und Quarzsand-Cementdielen (für Decken) in verschiedenen Abmessungen, die an den einzelnen Dielen und an zusammengesetzten Decken vorgenommen wurden.
2. Feststellung der Tragfähigkeit und der Feuerübertragungsfähigkeit der aus Gipsmasse in besonderer Konstruktion hergestellten sogenannten Heisterschen Patentdecken und schall- und feuersicheren Trockenwände.
3. Versuche auf Feuerübertragungsfähigkeit der von der Firma C. Beine zu Bochum hergestellten sogenannten Scagliolbautafeln und auf Tragfähigkeit ebener Gewölbe von verschiedener Spannweite.
4. Belastungsproben mit Cementbetonplatten, welche mit sichtbaren ⊥ Eiseneinlagen zu freitragenden Deckenkonstruktionen zwischen I Trägern Verwendung finden.
5. Ausführliche Prüfung eines künstlichen Baumaterials (Hydrosandstein), um dessen Verwendbarkeit für Bauzwecke nachzuweisen.
6. Ausführliche Prüfungen eines Asphaltmehl genannten Baustoffes und zweier verschiedener Asphaltsorten (Patent-Asphalt und Natur-Asphalt), die als Pflastermaterial Verwendung finden sollen.
7. Belastungsproben mit sogenannten einfachen Hourdies-Steinen (hohlen und gebrannten Gewölbsteinen), welche mit besonders dazu gebrannten Widerlagssteinen zwischen Eisenträgern vermauert wurden.
8. Prüfung von sogenannter Panzerpappe und einem Anstrich von sogenanntem Sanitas-Dachschutz auf Wasserdichtigkeit.

Eine Anzahl dieser Versuche dienten neben dem praktischen Zwecke gleichzeitig wissenschaftlichen Interessen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Prüfungs-Station bei einzelnen Streitfällen über Baumaterialfragen von Seiten der Gerichte in Anspruch genommen wurde.

---

2. Neuere Erfahrungen in der Schmierölprüfung.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung Dr. Holde.

1. Das Gefriervermögen dunkler Mineralöle.

Ueber Gefriererscheinungen bei Mineralschmierölen ist in den letzten Jahren sowohl bei den amtlichen Prüfungen der Versuchsanstalt als auch von anderer Seite[1]) eine Reihe von Beobachtungen gesammelt worden, welche von Bedeutung für die Beurtheilung der Brauchbarkeit der Oele ist. Eine zusammenfassende Besprechung der wichtigsten Versuche, insbesondere der noch nicht veröffentlichten neueren hiesigen Beobachtungen, erscheint daher geboten, wenn auch zwecks vollständiger theoretischer Erklärung einzelner Erscheinungen eine Fortsetzung der Untersuchung erwünscht sein wird.

[1]) Wischin, Allgem. Oesterr. Chem.- u. Techn.-Ztg. 1894.

Die Versuche betreffen:

1. Die Veränderungen des Gefriervermögens dunkler Mineralöle durch vorangegangene Erhitzung und sonstige Wärmeschwankungen in den Oelen.
2. Den Einfluß eines Wassergehaltes auf den Gefrierpunkt der Oele.

Daß Fette durch Erhitzung über ihren Erstarrungspunkt Aenderungen des letzteren erleiden können, ist u. a. von Finkener an verschiedenen Sorten von Handelstalg gezeigt worden[1]). Als Ursachen dieser Erscheinungen wurden chemische Aenderungen, nämlich die Entstehung verschiedener Modifikationen des Tristearins angesehen. Die gewonnene Erkenntniß führte zu der Nothwendigkeit, bei der Ermittelung des Erstarrungspunktes von Talg ꝛc. zwecks Erzielung vergleichbarer Ergebnisse das Fett vor den Versuchen erst wenigstens ½ Stunde auf 100 C° zu erhitzen.

Bei dunklen Mineralschmierölen waren Aenderungen der Konsistenz bei Zimmerwärme und tiefen Wärmegraden durch Ueberhitzung und Ueberkältung der Proben früher in einzelnen Fällen beobachtet worden[2]), indessen hatten sich zunächst nur mechanische Ursachen für diese Aenderungen ergeben. Diejenigen Oele nämlich, bei denen sich die fraglichen Eigenthümlichkeiten zeigten, enthielten kleine feste, aber leicht schmelzbare Theilchen paraffin- oder pechartiger Natur schwebend, welche durch Ueberhitzung des Oeles längere Zeit auch bei niederer Temperatur geschmolzen bleiben konnten, oder nach Ueberkältung des Oeles, einmal in größerer Menge ausgeschieden, sich nur sehr langsam wieder lösten. Auch zeigte sich, daß die ungleichartige Vertheilung solcher Partikelchen im Oel, wie sie beim Lagern der Proben natürlich leicht eintreten kann, Verschiedenheiten in der Konsistenz der Proben an verschiedenen Stellen der Oele veranlassen kann.

Bei den nachfolgenden Versuchen gelang es nun, den bis dahin nur vereinzelt beobachteten Einfluß von Wärmeschwankungen im Oel vor den Versuchen auf das Gefriervermögen der Oele wiederholt in charakteristischer Weise zu zeigen. Besonders eingehend wurden diese Eigenthümlichkeiten an den zunächst zu besprechenden russischen Mineral-Winterschmierölen 1 und 2 verfolgt, nachdem sich über das Gefriervermögen dieser Oele zwischen der Versuchsanstalt und dem Fabrikanten eine der Aufklärung bedürftige Meinungsverschiedenheit ergeben hatte.

Die zur Beobachtung des Erstarrungsvermögens benutzte Methode war die bei den preußischen Bahnen übliche. Nach diesem Verfahren sollen die Oele im Anlieferungszustande nach einstündiger Abkühlung auf — 15 C° (Sommeröl — 5°) im 6 mm weiten U-Rohr unter einem Druck von 50 mm Wassersäule noch flüssig bleiben, d. h. mindestens 10 mm in 1 Min. ansteigen. Zur Vergleichung wurde auch noch die gewöhnliche einfache Probe im 15 mm weiten Reagensglas vorgenommen, wobei die Konsistenz des 30 mm hoch aufgefüllten Oeles nach 1¼stündiger Abkühlung auf — 15 C° durch Neigen des Reagensglases festgestellt wurde. Beide Methoden werden im Nachfolgenden der Kürze wegen bezeichnet werden mit „U-Rohr" bezw. „Reagensglas".

Oel 1 war ein russisches in 6 mm weiter Schicht mit braunrother Farbe durchsichtiges Destillatöl. Oel 2 war ein grünlich bis braunschwarzes, in 6 mm dicker Schicht undurchsichtiges Oel, welches in dünner Schicht feinvertheilte feste Partikelchen zeigte. Das Oel ent-

[1]) „Mittheilungen" 1890, S. 153.
[2]) Desgl. 1891, S. 100, u. 1892, S. 126.

hielt demnach hauptsächlich Destillationsresiduen; in wie weit es Destillat enthielt, muß dahin gestellt bleiben.

Beide Oele hatten in der Fabrik A. im U-Rohr bei — 15 C° einen Anstieg von reichlich 10 mm ergeben. Die Prüfung der Oele in der Versuchsanstalt ergab

für Oel 1 am 27. 11. 94 die Anstiege 1) 6 mm, 2) 6 mm;
„ „ 2 „ 7. 12. 94 „ „ 1) 3,5 „ 2) 2,5 „
„ 11. 12. 94 den Anstieg 3) 0 „

Da der Fabrikant A. die Ursachen der Abweichungen zwischen seinen Ermittelungen und denjenigen der Versuchsanstalt in einer möglichen Verschiedenheit der beiderseits benutzten Apparate erblickte, so wurden schließlich auf seinen Wunsch gleichzeitig auf beiden Apparaten von dem Chemiker der Fabrik und dem Verfasser in der Versuchsanstalt vergleichende Versuche mit beiden Oelen angestellt. Die hierbei erzielten Ergebnisse sind nach den Aufzeichnungen des Protokolls in der nachstehenden Versuchsreihengruppe Nr. 1 mitgeteilt. (Nach den Protokollaufzeichnungen zeigten die Druckerzeuger und die U-Röhrchen bei beiden Apparaten keine wesentlichen Unterschiede; die Thermometerangaben wurden auf das Normalthermometer bezogen.) Ein als unerheblich angesehener Unterschied in der Versuchsausführung seitens der Versuchsanstalt und der Fabrik A. bestand darin, daß die von ersterer benutzten U-Röhrchen oberhalb der 0-Marke vor dem Versuch mit Fließpapier von Oel gereinigt wurden, während bei dem Versuch von A. diese Reinigung unterblieb und die Innenwände des Röhrchens oberhalb der 0-Marke daher mit Oel benetzt waren.

Versuchsreihengruppe 1.

Vergleichung des Fließvermögens der Oele 1 und 2 in den Apparaten der Versuchsanstalt (V) und des Fabrikanten A. (A).

	Aufstieg im U-Rohr in mm											
Oel Nr.	1						2					
Apparat	V				A		V				A	
Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
U-Röhrchen Nr.	56	62	63	65	9	10	59	15[1])	53	11[2])	18	17
Ohne weitere Behandlung den Probeflaschen entnommenes Oel, 15. 1. 95.	9,5	10,5	12,5	11,0	11,5	10,0	10,5	(9,0)	10,5	(8,5)	11,0	10,0
Proben von der vorangegangenen Versuchsreihe, in den U-Röhrchen auf etwa 85 C° erhitzt, 15. 1. 95.	3,5	3,5	5,0	4,0	5,0	(1,0)	2	2	2,3	1,3	4	3
Proben von der vorangegangenen Versuchsreihe, über Nacht im Zimmer gestanden, 16. 1. 95.	0	0	0	0	—	—	0	0	0	0	—	—
Proben von der vorangegangenen Versuchsreihe, über Nacht ins Freie gestellt, bis auf etwa 0° abgekühlt, 17. 1. 95.	0	0	0	0	—	—	0	0	0	0	—	—
Bemerkungen:	—						Zu [1]) und [2]): Hier wurden U-Röhrchen mit merklich verengten Biegungsstellen benutzt.					

Wurden die U-Röhrchen mit den erstarrten Oelen aus den Kältelösungen herausgenommen und umgekehrt in der Luft gehalten, so floß das Oel 1 nach kürzerer Zeit als das Oel 2.

Aus den vorstehenden Versuchsergebnissen war zu ersehen, daß die Apparate der Versuchsanstalt und des Fabrikanten völlig übereinstimmende Ergebnisse bei den gleichartig behandelten Oelen lieferten, daß aber die fraglichen Oele durch voraufgehende bestimmte Wärmeeinflüsse ganz erhebliche Veränderungen ihres Fließvermögens bei — 15 C° erleiden konnten[1]). Auf Grund dieser Thatsachen gab der Chemiker der Fabrik A. in Uebereinstimmung mit der Versuchsanstalt seiner Ueberzeugung dahin Ausdruck,

daß die zwischen seiner Fabrik und der Versuchsanstalt schwebende Differenz über die Kältepunkte der Oele 1 und 2 auf Veränderungen in den nach Charlottenburg gesandten Oelen vor der Einlieferung, z. B. beim Transport, nicht aber auf die anfänglich von der Fabrik angenommene mangelnde Uebereinstimmung der Apparate beider Theile zurückzuführen sei.

Zur weiteren Ermittelung der Ursachen, welche die eigenthümlichen Veränderungen der Erstarrungspunkte der fraglichen Oele herbeiführen konnten, wurden nun die nachstehenden Versuchsreihen 2 bis 12 ausgeführt, denen die jedesmal aufgeworfenen Fragen vorangeschickt, die kurz zusammengefaßten Ergebnisse am Schluß beigefügt sind. Die Versuchsreihe 2 wurde noch in Gemeinschaft mit dem Chemiker der Fabrik A., die übrigen Versuchsreihen von der Versuchsanstalt allein ausgeführt.

Versuchsreihe 2.

17. 1. 95.

Hat schwaches Erhitzen (z. B. auf 30 C°) der Oele den gleichen Einfluß auf das Erstarrungsvermögen wie das Erhitzen auf 85—90 C°?

Behandlung des Oeles		Ohne besondere Behandlung der durchgeschüttelten Flasche entnommen	Auf etwa 30 C° in Porzellanschale erhitzt		Auf etwa 85—90 C° in Porzellanschale auf Wasserbad erhitzt	
Oel 1	U-Rohr Nr.	19	29	27	20	26
	Aufstieg mm	10,5	3,5	5,0	3,0	3,0
Oel 2	U-Rohr Nr.	64	31	66	—	30
	Aufstieg mm	10	0	0	—	4,0

Ergebniß. Schon durch Erhitzen auf 30 C° wird leichteres Erstarren der Oele herbeigeführt.

Versuchsreihe 3.

22. 1. 95.

Wie äußert sich der Einfluß der Erhitzung der Oele auf deren Fließvermögen bei — 15 C° im 15 mm weiten Reagensglas?

Behandlung der Proben		Ursprüngliches Oel	Auf 30 C° erhitzt	Auf 90 C° erhitzt
Oel 1	Versuch 1	ziemlich schwer fließend	nicht fließend	nicht fließend
	„ 2	desgl.	anfänglich nicht fließend, nach einigen Sekunden fließend	desgl.
Oel 2	Versuch 1	schwer fließend	nicht fließend	sehr schwer fließend
	„ 2	anfangs nicht fließend, nach ganz kurzer Zeit fließend	desgl.	desgl.

[1]) Ein Einfluß der Benetzung der U-Röhrchen mit Oel oberhalb des Oelniveaus an der 0-Marke auf den Anstieg des Oeles war nicht zu bemerken, wie sich an den übereinstimmenden Ergebnissen bei den gleichartigen Apparaten der Versuchsanstalt und der Fabrik A. zeigte.

Ergebniß. Mit Ausnahme des auf 90 C° erhitzten Oeles 2 zeigten die erhitzten Proben auch im Reagensglas leichteres Erstarren.

Versuchsreihe 4.

24. 1. 95.

Wiederholungsversuche mit den zu Versuchsreihe 3 benutzten Proben, nachdem diese bis zum 24. 1. 95 bei Zimmerwärme, 10—17 C°, verweilt hatten.

Behandlung der Proben		Ursprüngliches Oel	Auf 30 C° erhitzt	Auf 90 C° erhitzt
Oel 1	Versuch 1	eben fließend	nicht fließend	nicht fließend
	„ 2	sehr langsam fließend ($2^1/_2$ Stunde abgekühlt)	desgl.	desgl.
Oel 2	Versuch 1	eben fließend	nicht fließend	nicht fließend
	„ 2	eben fließend ($2^1/_2$ Stunde abgekühlt)	desgl.	desgl.

Ergebniß. Sämmtliche auf 30 und 90 C° erhitzten Proben zeigen leichteres Erstarren wie die nicht erhitzten Oele.

Versuchsreihe 5.

Kann das durch Erhitzung der Oele herbeigeführte leichtere Erstarrungsvermögen der Proben im U-Rohr wieder aufgehoben werden, wenn die erhitzten Proben längere Zeit bei Zimmerwärme stehen?

Oel 2	Frisch unerhitzt	Am 5. 1. 95 auf 100 C° erhitzt, dann 14 Tage bei 10—17 C° im Zimmer verblieben			Am 17. 1. 95 in Schale auf Wasserbad bis etwa 100 C° erhitzt, dann bis 11. 3. 95 bei Zimmerwärme aufbewahrt
U-Rohr Nr.	53	66	91	51	56
Aufstiege mm	9,5	8,3	8	(5)*	2,5
Datum der Versuche	11. 3. 95	19. 1. 95			11. 3. 95

* Oel 55 mm hoch aufgefüllt.

Ergebniß. Das durch Erhitzen herbeigeführte leichtere Erstarrungsvermögen des Oeles im U-Rohr konnte in einigen, nicht aber in allen Fällen durch längeres Stehen der Proben bei Zimmerwärme wieder aufgehoben werden.

Versuchsreihe 6.

Ist auch bei der Probe im Reagensglas eine Veränderung des leichten Erstarrungsvermögens der erhitzten Proben durch langes Stehen bei Zimmerwärme zu erzielen?

Oel Nr.	Behandlung des Oeles vor den früheren Versuchen	Datum der letzten Prüfung	Konsistenz bei der letzten Prüfung	Konsistenz der früher geprüften Proben am 8. 2. 95	Bemerkungen
1	keine	28. 1. 95	sehr schwer fließend	wie vorher	—
	am 22. 1. 95 auf 30° erhitzt	24. 1. 95	nicht fließend	desgl.	auch nach 10 Sekunden langem Neigen des Glases sind sämmtliche am 8. 2. 95 geprüften früher erhitzten Proben nicht fließend.
	„ „ „ 90° „	24. 1. 95	1) nicht fließend 2) desgl.	desgl.	
2	keine	28. 1. 95	sehr schwer fließend	wie vorher	
	am 22. 1. 95 auf 30° erhitzt	24. 1. 95	nicht fließend	desgl.	
	„ „ „ 90° „	24. 1. 95	1) nicht fließend 2) desgl.	desgl.	

Ergebniß. Bei der Probe im Reagensglas war kein Einfluß des langen Stehens des Oeles bei Zimmerwärme auf das Erstarrungsvermögen der erhitzten Probe zu bemerken, hierbei ist jedoch zu beachten, daß die Fließbedingungen im U-Rohr wegen des höheren Druckes günstigere sind als im Reagensglas.

Versuchsreihe 7.

18. 1. 95.

Kann das leichtere Erstarrungsvermögen der erhitzten Proben durch gehöriges Verrühren des Oeles wieder aufgehoben werden?

Zu den Versuchen wurden die am 17. 1. 95 zum Erstarren gebrachten überhitzten Proben nach gehöriger Durchbewegung benutzt

Oel 1	Rohr Nr.	68	55
	Aufstieg mm	5,0	5,5
Oel 2	Rohr Nr.	61	54
	Aufstieg mm	0	0

Ergebniß. Das Bewegen der durch Ueberhitzung zum leichteren Erstarren gebrachten Proben hatte nur bei Oel 2 einen geringen, bei Oel 1 gar keinen Einfluß auf das Erstarrungsvermögen.

Versuchsreihe 8.

19. 1. 95.

1. Welche Veränderung erleidet das Erstarrungsvermögen der Oele nach dem Erhitzen, nachdem vorher die in den Oelen schwebenden leicht schmelzbaren Theilchen durch Filtration bei Zimmerwärme entfernt worden sind?
2. Hat bereits Erhitzen der Oele auf 25 C° Einfluß auf das Erstarrungsvermögen?

Behandlung der Oele		Nicht filtrirt				Filtrirt					Bemerkungen
		Unerhitzt		Auf 25° erhitzt		Unerhitzt		Auf 80—90° erhitzt			
Oel 1	Rohr Nr.	56	[50]	20	69	59	[52]	89	27	30	89 [1])
	Aufstieg mm	11	[8]	8,5	9,5	6,5	[2,5]	2,5	3,5	3,5	6,5 [1])
Oel 2	Rohr Nr.	57	[48]	58	88	65	60	53	25	55	53
	Aufstieg mm	10	[6,5]	1	1	10,5	9,5	8,0	11,5	(1,5)	9,5

Bei den eckig eingeklammert. Versuchen waren die Oele in den U-Röhren 55 mm hoch gefüllt.

[1]) Schon einmal bei — 15 C° geprüft.

Ergebniß. Die durch kaltes Filtriren erfolgte Abscheidung der bei Zimmerwärme in dem Oel 2 schwebenden Theilchen hat den Einfluß des Erhitzens auf das Erstarrungsvermögen dieses Oeles fast ganz aufgehoben. Nur ein Versuch mit Rohr 55 zeigt abweichendes Ergebniß, welches vielleicht darauf zurückzuführen ist, daß irgendwie nennenswerthe Mengen der schwebenden Theilchen zum Theil durch das Filter gegangen sind. Die auf dem Filter gebliebene Masse ist von dickbreiiger Beschaffenheit und enthält, wie an anderer Stelle[1]) inzwischen nach chemischer Untersuchung gezeigt worden ist, Pech- und Asphaltstoffe, erstere von paraffinartiger Beschaffenheit, mit Oel gemischt.

[1]) „Mittheilungen" 1895, S. 183.

Bei dem Oel 1, welches schon an sich in dünner Schicht kaum feste Theilchen erkennen läßt, hat das Filtriren überhaupt keinen Einfluß auf die Veränderung des Erstarrungsvermögens des Oeles durch Erhitzen ausgeübt; hier scheinen daher chemische Molekularänderungen im Spiele zu sein, wie solche bei Talg ꝛc. von Finkener beobachtet wurden (siehe oben).[1])

Das Erhitzen auf 25 C° bewirkt bei dem Oel 1 keine Aenderung des Erstarrungsvermögens, bei Oel 2 eine merkliche Aenderung in demselben Sinne wie das Erhitzen auf 30 C°.

Versuchsreihe 9.

21. 1. 95.

Wiederholung der der Kontrole bedürftigen Versuche der vorangehenden Versuchsreihe mit Oel 1 und Untersuchung, ob längeres, z. B. zweistündiges Abkühlen ungünstig auf das Fließvermögen der Oele 1 und 2 bei — 15 C° einwirkt.

Oel Nr.		Bei + 7 bis + 15 C° filtrirt				Nicht filtrirt auf 90 C° erhitzt	
		nicht erhitzt	auf 90 C° erhitzt				
			1 Stunde abgekühlt		2 Stunden abgekühlt	1 Stunde abgekühlt	2 Stunden abgekühlt
1	U-Rohr Nr.	68 42	26 54		31 64	—	—
	Aufstieg mm	6 6	2,5 2,5		3,0 2,5	—	—
2	U-Rohr Nr.	—	—		—	61 38	29 33
	Aufstieg mm	—	—		—	2,5 3,0	3,0 2,5

Im Reagensglas sind Oel 1 und Oel 2 nach zweistündiger Abkühlung noch fließend.

Ergebniß. Auch nach der Filtration ist bei Oel 1 der Einfluß des Erhitzens auf das Erstarrungsvermögen geblieben, doch ist das Fließvermögen des ursprünglichen Oeles während des mehrmonatlichen Stehens in der Anstalt wieder auf den anfänglich in der Versuchsanstalt festgestellten niederen Werth zurückgegangen. Das längere, 2 Stunden dauernde Abkühlen hatte keinen geringeren Anstieg bei den erhitzten Proben zur Folge als das einstündige Abkühlen.

Was nun die beobachteten Beziehungen zwischen den in Oel 2 bei Zimmerwärme schwebenden Theilchen und den eigenthümlichen Veränderungen des Erstarrungsvermögens anbetrifft, so erschien es möglich, daß die durch Erhitzen des Oeles geschmolzenen festen Theilchen sich bei der plötzlichen Abkühlung gleichmäßig netzartig vertheilt, event. gemischt mit anderen sich ebenfalls abscheidenden festen Theilchen, im ganzen Oel, insbesondere auch an dessen Oberfläche, abschieden und dadurch das Fließvermögen des bei — 15 C° sehr dickflüssigen Oeles verhinderten. Waren die fraglichen festen Theilchen aber schon von vornherein im Oel schwebend, so war es möglich, daß sie an der Oberfläche nicht ebenso gleich-

[1]) Inzwischen ausgeführte Versuche mit einem hellen russischen Maschinenöl, welches ebenfalls durch Erwärmen gänzliche Verschiebung seiner Gefriergrenze erlitt, bestätigen diese Annahme. Ueber die Einzelheiten der recht interessanten Versuche wird später berichtet werden.

artig wie in der übrigen Oelmasse vertheilt waren, und daß in Folge dessen eher eine Durchbrechung der Oberfläche bei Einwirkung eines Druckes auf das Oel bei — 15 C° möglich war.

Ein geeignetes Material, um vorstehende Erklärung durch das Experiment zu prüfen und mit dem bloßen Auge zu verfolgen, bot amerikanisches wasserklares Petroleum, welches bei tiefen Wärmegraden (— 9 bis — 12 C°) allmählich immer mehr krystallinische Paraffintheilchen absetzt und unter Umständen schon bei — 10 C° erstarrt. Die erforderlichen Versuche wurden der Einfachheit und besseren Beobachtung wegen im Reagensglas ausgeführt.

Die zunächst aufgeworfene Frage war folgende: Wie verhält sich das Petroleum bei einem Wärmegrad, bei dem es, unter gewöhnlichen Umständen abgekühlt, erstarrt, wenn es vorher auf einen höher, d. h. mehr nach 0° zu liegenden Wärmegrad abgekühlt wird, bei dem es wohl bereits krystallinische Abscheidungen giebt, aber in der Hauptmasse fließend bleibt?

Versuchsreihe 10.

24. 1. 95.

Sämmtliche Gläser wurden 60 mm hoch mit Oel gefüllt.

Behandlung des Materials	Wärmegrad C°	Beschaffenheit der Proben	Bemerkungen
Frisches Oel	— 10	1) krystallinische Abscheidungen, fließend 2) desgl.	je ½ Stunde abgekühlt, vorher unter theilweiser Bewegung bei — 9°.
Proben von den beiden vorangehenden Versuchen, sofort aus der Lösung von — 10° in die Lösung von — 12° gebracht	— 12 40 Min. lang abgekühlt	1) starke krystallinische Abscheidungen, zur Hälfte fließend 2) desgl.	—
Frisches Oel, sofort in die Kältelösung von — 12° gebracht		1) vollständig von dichten Paraffinabscheidung. durchsetzt, nicht fließend 2) desgl.	

Wie die vorstehenden Versuchsergebnisse zeigen, kann die oben gegebene Erklärung der Wirkungsweise der oberhalb des Erstarrungspunktes in den Oelen schwebenden Theilchen als zutreffend angesehen werden. Wird z. B. das Petroleum, wenn alle Theile flüssig sind, sofort auf — 12 C° abgekühlt, so erstarrt es alsbald vollständig bei diesem Wärmegrad. Dagegen bleibt es zum erheblichen Theile flüssig, sobald es vor der Abkühlung auf — 12 C° auf einen höher liegenden Wärmegrad abgekühlt wurde, bei dem es, ohne ganz zu erstarren, allmählich sich zu Boden senkende, theilweise krystallinische Abscheidungen absetzte. Bei der Abkühlung dieser Probe des Oeles auf — 12 C° konnten in Folge dessen im oberen Theile nicht mehr so reichliche Paraffinabscheidungen stattfinden, als wenn das frische, in allen Theilen flüssige Oel plötzlich auf — 12 C° abgekühlt wurde.

Nachstehende Versuchsreihen sollen noch weiteres Material zur Bestätigung obiger Anschauung darbieten. Zur Untersuchung gelangte amerikanisches Petroleum, welches bei — 8 C° erhebliche Abscheidungen giebt, aber hierbei noch bequem fließend bleibt.

Versuchsreihe 11.

25. 1. 95.

Die Proben wurden in den Reagensgläsern 60 mm hoch aufgefüllt.

Behandlung der Proben unmittelbar vor den Versuchen	Dauer der Abkühlung Stunden	Beschaffenheit bei — 10 C°
Frisches Oel	1	nicht fließend
1 Stunde auf — 8 C° abgekühlt	1	nicht fließend
2 Stunden auf — 8 C° abgekühlt	1	zur größeren Hälfte fließend
2 Stunden auf — 10 bis — 7 C° unter zeitweiliger Bewegung, dann ½ Stunde ohne Bewegung auf — 8 C° abgekühlt	1 2	zur größeren Hälfte fließend desgl.

Versuchsreihe 12.

Die Proben wurden in den Reagensgläsern 40 mm hoch aufgefüllt.

Behandlung der Proben unmittelbar vor den Versuchen	Datum der Prüfung	Beschaffenheit nach einstündigem ruhigen Stehen bei — 10 C°
¾ Stunden auf — 8 C° abgekühlt	26. 1. 95	1) starke krystallinische Abscheidungen, völlig fließend 2) desgl.
¾ Stunden auf — 8 C° abgekühlt	28. 1. 95	1) starke krystallinische Abscheidungen, fast bis unten fließend 2) desgl.
Frische Proben	26. 1. 95 28. 1. 95	oben ⅕ bis ⅙ fließend, sonst nicht fließend nicht fließend

Wenn nun auch in den vorstehenden Versuchen, von unerheblichen Abweichungen abgesehen, eine sichtbare experimentelle Bestätigung obiger Erklärung der Erstarrungserscheinungen von Oel 2 gegeben wurde, so soll doch auch gleichzeitig auf Bedenken hingewiesen werden, deren Klärung zur unbedingten Anerkennung der dargelegten Ansichten wohl erwünscht sein dürfte. So ist z. B. darauf hinzuweisen, daß nach den Versuchen in Versuchsreihe 6 die erhitzten Oele 1 und 2 auch nach mehrwöchentlichem Stehen ihr leichteres Erstarrungsvermögen bei — 15 C° beibehielten; hiernach müßte man bei Zugrundelegung der dargelegten Wirkungsweise der schwebenden Theilchen die etwas gezwungen erscheinende Annahme gelten lassen, daß in der erhitzten Probe von Oel 2 die einmal geschmolzenen Pechtheilchen sich auch nach mehrwöchentlichem Stehen nicht wieder wie ursprünglich abscheiden, sondern ganz oder zum größeren Theile gelöst bleiben. Eine völlige Klarlegung dieser Verhältnisse ist bei der undurchsichtigen Beschaffenheit des Oeles natürlich sehr erschwert, und man wird, bevor nicht noch weitere aufklärende Versuche gebracht werden, wohl die Möglichkeit zugeben müssen, daß neben den geschilderten rein mechanischen Ursachen der eigenthümlichen Erstarrungserscheinungen von Oel 2 auch chemische Molekularänderungen wie bei Oel 1 durch das Erhitzen herbeigeführt werden.

Für die Praxis haben selbstredend diese theoretischen Aufschlüsse nicht dasjenige Interesse, welches die beobachteten Erstarrungserscheinungen an sich beanspruchen.

Lehrreiche gleichlautende Beobachtungen zu obigen Versuchen, bei denen durch Erhitzen der Oele der Erstarrungspunkt sich nach oben verschob, wurden wiederholt bei

amtlichen Prüfungen von salbenartigen oder sehr dickflüssigen Cylinderölen gesammelt. Zwei solche Beobachtungsreihen, welche den Einfluß des Erhitzens auf das Erstarrungsvermögen unter gleichzeitiger Berücksichtigung anderer Fehlerquellen besonders typisch beleuchten, seien im Nachfolgenden besprochen.

Zunächst sei vorausgeschickt, daß bei der Untersuchung von salbenartigen oder eben noch fließenden Cylinderölen mehrfach zufällig erhebliche Zustandsänderungen der Oele während ihrer Benutzung im Laboratorium bemerkt wurden. So z. B. wurden Oele, die bei der Einlieferung in den Probeflaschen bei Zimmerwärme unbeweglich erschienen, nach mehrfacher Benutzung zu physikalischen Prüfungen bei Zimmerwärme fließend, obwohl sie, abgesehen von geringer Erwärmung und späterer Bewegung zwecks Umfüllung in andere Gefäße ꝛc., keinen weiteren Einflüssen ausgesetzt waren. Andere bei der Einlieferung an die Versuchsanstalt noch fließende Oele erschienen später bei Zimmerwärme erstarrt, nachdem sie mehr oder weniger starke Erwärmungen erlitten hatten.

Diese zufällig gemachten Beobachtungen, daß durch Erwärmen und darauf folgendes Abkühlen ein leichteres Erstarren als ohne vorangegangene Erwärmung, durch Bewegen der erstarrten Masse aber eine fließende Beschaffenheit der letzteren herbeigeführt werden kann, wurden nun den nachstehenden beiden Beobachtungsreihen mit zwei Cylinderölen zu Grunde gelegt. Hierbei wurde versucht, die verschiedenen Zustände in der Beschaffenheit durch absichtliche Behandlungen der Proben künstlich je nach Belieben herbeizuführen.

Das Cylinderöl 1, ein im auffallenden Lichte graugrünes, im durchfallenden Lichte braunrothes Oel amerikanischer Herkunft, war im Einlieferungszustande in einer ½ Literglasflasche nicht fließend. Nach wiederholter Probeentnahme aus der Flasche, wobei diese schwach erwärmt und nachher öfter bewegt wurde, zeigte das Oel schließlich in der Probeflasche bei Zimmerwärme andauernd fließende Beschaffenheit.

Von diesem fließenden Oel wurden nun sechs Proben (Nr. 1 bis 6) in 15 mm weiten Reagensgläsern 3 cm hoch aufgefüllt und durch Abkühlen von + 15 C° auf + 0,5 C° zum völligen Erstarren gebracht.

Die Proben 1 und 2 (ohne Thermometer) und 3 (mit Thermometer versehen) wurden nun 1½ Stunde einer Luftwärme von + 9 bis + 12 C° ausgesetzt und dann in ein Wasserbad von + 13 C° gebracht; sie erwiesen sich hier sämmtlich bei 12,7 C° als sehr langsam fließend.

Die drei anderen Proben, nämlich 4 und 5 (ohne Thermometer) und 6 (mit Thermometer versehen), wurden im Luftbade bis auf 50 C° erhitzt, hierauf in Luft bei + 9 bis 12 C° und dann in Wasser von + 13 C° abgekühlt. Die nicht bewegten Proben 4 und 5 waren hiernach bei + 12,7 und auch noch bei + 13 C° nicht fließend, die mit Thermometer versehene bewegte Probe 6 war sehr langsam fließend.

Die nicht fließende Probe 4 wurde nun auch mit Thermometer durchstoßen und dann der Ruhe überlassen; nach einigem Stehen bei + 13 C° zeigte sie sich langsam fließend, während die ohne Thermometer stehende Probe 5 immer noch nicht fließend war. Auch bei + 16 bis 17 C° blieb diese Probe im Gegensatz zu den übrigen Proben 1—4 und 6 nicht fließend.

Nach dem ruhigen Stehen aller Proben über Nacht, wobei alle Proben tieferen Wärmegraden (d. h. noch über 0° liegend) ausgesetzt waren, erschienen die Proben 1 und 2 noch fließend, während die mit Thermometer am Tage vorher versehenen und inzwischen nicht bewegten Proben 3 und 4 ebenso wie die erhitzte und nicht bewegte Probe nicht fließend waren. Daß die mit Thermometer versehenen, über Nacht abgekühlten Proben hier eher

erstarrten als die ohne Thermometer abgekühlten Proben, ist dadurch zu erklären, daß in Folge der Gegenwart der Thermometerkugel im Oel letzteres in einem engeren Raume einer längeren ruhigen Abkühlung ausgesetzt waren.

Das Cylinder-Mineralöl 2, ein im Reagensglase undurchsichtiges, schwarzbraunes Oel war bei der Einlieferung in einer $^1/_2$ Literglasflasche bequem fließend und zeigte nach dem Erhitzen auf 150 C° bei Zimmerwärme starre Beschaffenheit. Hierauf, erwärmt in die Probeflasche zurückgegossen, wurde das Oel nach dem Abkühlen auf Zimmerwärme wieder fest, nahm aber nach dem Bewegen mittelst Glasstab wieder fließende Beschaffenheit an, die es auch nach eintägigem ruhigen Stehen der Probeflasche beibehielt.

Der hier geschilderte Einfluß des Bewegens auf die Beschaffenheit vorstehender Oele entspricht den früheren Beobachtungen über diese Fehlerquelle [1]) und legt die Nothwendigkeit nahe, Bewegungen der Mineralöle bei Prüfung ihres Zustandes in der Kälte oder in der Nähe ihres Erstarrungspunktes zu vermeiden, wenn nicht eine Durchbrechung der netzartigen Abscheidungen von Paraffin- oder Pechtheilen und dadurch flüssigere Beschaffenheit der Probe herbeigeführt werden soll.

Die Herbeiführung eines leichteren Erstarrungsvermögens von Mineralölen in Folge von vorangehender Erhitzung der Oele läßt sich nach den vorangegangenen Versuchen wie folgt charakterisiren:

Erhitzt man solche Oele, welche leicht schmelzbare Paraffin- oder Pechtheilchen bei Zimmerwärme oder niederer Temperatur schwebend enthalten, so weit, daß die schwebenden Theilchen ganz oder theilweise geschmolzen werden, so kann bei gehöriger ruhiger Abkühlung des Oeles durch die gleichmäßig und schnell hintereinander erfolgende Abscheidung der erstarrenden Theile das Oel eher gefrieren, als wenn es ohne vorangegangene Schmelzung der schwebenden Theile abgekühlt würde.

Ein leichteres Erstarrungsvermögen kann aber auch, ohne daß eine mechanische Ursache hierfür festgestellt wurde, bei Mineralölen in Folge chemischer Umlagerungen durch Erhitzen der Oele herbeigeführt werden.

In den nachstehenden Versuchsreihen 13, 14 und 15 ist der Einfluß der Erhitzung auf das Fließvermögen der dunklen Mineralöle bei — 5 und — 15 C° bei einer größeren Reihe von Proben näher untersucht. Hierbei zeigte sich in zwei Fällen (Oel Nr. 6 und 23 in Tab. 13), daß das Erhitzen ein auffällig schwereres Gefrieren herbeiführte, während ein durch Erhitzen veranlaßtes, etwas schwereres Fließvermögen der Oele in der Kälte in einer größeren Zahl von Fällen beobachtet wurde.

Die Möglichkeit, daß durch Erhitzen dunkle Mineralöle bei Zimmerwärme ein leichteres Fließvermögen erlangen, wurde bereits früher [2]) nachgewiesen. Als Ursache dieser Erscheinung wurde im Einklang mit späteren Versuchen bei Oelen, welchen künstlich Paraffin beigefügt worden war [3]), die Verflüssigung bezw. langsame Wiederabscheidung der geschmolzenen, anfänglich in den Oelen schwebenden Paraffin- oder Pechtheilchen angesehen.

Es muß indessen wie bei obigen Versuchen, wo durch Erhitzung leichteres Erstarren herbeigeführt wurde, dahingestellt bleiben, ob nicht bei den nachfolgenden Veränderungen des Gefriervermögens durch vorangegangenes Erhitzen der Oele auch chemische Molekularänderungen im Spiele sind.

[1]) „Mittheilungen" 1889, S. 119.
[2]) „Mittheilungen" 1891, S. 100.
[3]) Ebendaselbst 1893, S. 66.

Versuchsreihe 13.

Einfluß der Erhitzung auf das Fließvermögen dunkler Oele im U-Rohr.

Lfd. Nr. des Oeles	Abgekühlt auf C°	Aufstieg mm		Lfd. Nr. des Oeles	Abgekühlt auf C°	Aufstieg mm		Lfd. Nr. des Oeles	Abgekühlt auf C°	Aufstieg mm	
		nicht erhitzt	erhitzt			nicht erhitzt	erhitzt			nicht erhitzt	erhitzt
1	−5	24 24	24	10	−15	13 12	10,5	19	−5	18 19	26
2		21 21	22	11		12,5 12	8,5	20	−15	11,5 12	16
3		23 22	24	12	−5	23 20	22	21	−5	0 0	1
4	−15	16 16	14	13		23 23	17,5	22		22,5	22,5
5		15 15	10,5	14		22 23	20	23		0 0	8
6		0 1	8,5	15		25 27	23	24		24,5	23,5
7	−5	22 22	20,5	16	−15	9,5 9,7	14	25		23	22,5
8		23 22,5	21	17	−5	19 19	23	26	−15	10,5	11,7
9	−15	18	17,5	18	−15	10,5	9,7	27	−15	14	11

Versuchsreihe 14.

Einfluß der Erhitzung auf das Fließvermögen der Oele im U-Rohr.

Nr. des Oeles	Abgekühlt auf C°		Nicht erhitztes Oel				Oel erhitzt auf C°						
							50	75	90		100		
							Dauer der Erhitzung in Minuten						
							15	15	3	10	15	15	30
1 = 23 in Tab. 13	−5	Datum 1895	23. 2.		11. 3.	13. 3.	11. 3.	11. 3.	23. 2.	23. 2.	11. 3.	13. 3.	13. 3.
		Rohr Nr.	66	55	60	54	54	59	68	57	63	59	60
		Aufstieg mm	0	0	0	2	1,5	2,5	0	8	6	5,5	5,3
2 = 6 in Tab. 13	−15	Datum	13. 2.		11. 3.		11. 3.	11. 3.	—	13. 2.	11. 3.	13. 3.	13. 3.
		Rohr Nr.	81	62	67	63	68	66	—	31	69	64	67
		Aufstieg mm	0	1	0	0	3	2,7	—	8,5	3,6	4,5	4,4

In der nachstehenden Tab. 15 sind die Ergebnisse von Wiederholungsproben der in Tab. 14 mitgetheilten Versuche zusammengestellt. Hier zeigt sich, daß in beiden Oelen während des längeren Stehens (meistens im Keller) wiederum geringe Veränderungen ihres Gefriervermögens nach und vor Erhitzung der Proben stattgefunden haben. Aehnliche Aenderungen hatten ja auch die eingangs besprochenen russischen Oele 1 und 2 gezeigt.

Versuchsreihe 15.

Oel Nr.	—	Nicht erhitztes Oel			¼ Stunde auf 100 C° erhitztes Oel		
1 = 1 in Tab. 14	U-Rohr Nr.	19	67	68	62	63	69
	Aufstieg mm bei −5 C°	3	2,5	2,5	2,5	0	1,2
2 = 1 in Tab. 14	U-Rohr Nr.	29	30	56	57	59	64
	Aufstieg mm bei −15 C°	0	0	2,2	1,5	2,6	2,0

Die nachfolgende Versuchsreihe 16 enthält eine Reihe von Versuchen, welche im Laboratorium der Königlich Ungarischen Staatsbahnen mit einem dunklen Mineralöl von veränderlichem Gefrierpunkt neuerdings angestellt wurden. Die Ergebnisse dieser nach verschiedenen neuen Gesichtspunkten ausgeführten Untersuchungen, welche von dem genannten Laboratorium der Versuchsanstalt bereitwilligst zur Aufnahme in vorliegende Arbeit überlassen wurden, zeigen, daß das fragliche Oel zwar durch starkes Erhitzen (auf 50 bis 100 C°) schwerer erstarrend wird, daß jedoch durch nachfolgendes Abkühlen und darauf vorgenommenes Erwärmen auf Zimmerwärme wieder das anfängliche Erstarrungsvermögen herbeigeführt werden kann.

Aehnlich diesen Ergebnissen sind die Resultate früherer Untersuchungen eines dunklen Mineralöls, welches nach dem Erhitzen auf 120 C° bei — 15 C° bei allen Versuchen flüssig blieb, aber bei Wiederholung der Versuche mit den von — 15 C° auf Zimmerwärme gebrachten Proben bei — 15 C° bei mehreren Versuchen starre Beschaffenheit zeigte [1]).

Versuchsreihe 16.

Ausgeführt im chemischen Laboratorium der Königlich Ungarischen Staatsbahnen.
(15 mm weites Reagensglas.)

Behandlung der Proben	Konsistenz bei C°			
	— 2	— 5	— 8,7	— 10
Auf 100 C° erwärmt. Ueber Nacht im Zimmer gehalten (18 C°)	schwer flüssig	schwer flüssig	schwer flüssig	schwer flüssig
„ 70 „ „ „ „ „ „ „ „	erstarrt	erstarrt	erstarrt	erstarrt
„ 50 „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 30 „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 100 C° erwärmt. Ueber Nacht im Schnee, dann sofort in die Kältemischung	fließt	fließt	erstarrt	erstarrt
„ 70 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	schw. fl.	„	„
„ 50 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 30 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	erstarrt	erstarrt	„	„
„ 100 C° erwärmt. Ueber Nacht im Schnee, nachher 2 Stunden im Zimmer .	erstarrt	erstarrt	erstarrt	erstarrt
„ 70 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 50 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 30 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 100 C° erwärmt. Schnell auf 20 C° abgekühlt, nachher in die Kältemischung	fließt	fließt	erstarrt	erstarrt
„ 70 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	schw. fl.	erstarrt	„	„
„ 50 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	„	„	„	„
„ 30 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	erstarrt	„	„	„
„ 120 C° erwärmt	fließt	fließt	fließt	fließt

Eine erhöhte Bedeutung dürfte den vorstehend behandelten Fragen beizumessen sein, wenn man die Beziehungen der gefundenen Ergebnisse zu praktischen Verhältnissen erwägt.

Nach neueren Erkundigungen z. B., über welche Wischin berichtet, hat man ähnliche Veränderungen der Gefriergrenze von Mineralölen, wie sie oben erwähnt wurden, mehrfach im Bahnbetriebe beobachtet. Es handelte sich hierbei um Oele, welche bei großer Kälte im Freien lagerten und bei der Herausnahme aus dem Faß völlig flüssig erschienen. Die Oele wurden aus den Fässern in die Schmierkannen gefüllt und auf die warme Lokomotive gestellt. Während der Fahrt erwärmte sich das Oel, und nun zeigte sich, daß die Schmierbüchsen alle einfroren, obwohl die Luftwärme zur Zeit bedeutend höher war als diejenige des Oeles bei seiner Ausfüllung aus dem Fasse. Wischin erklärt diese Erscheinung, welche in dem obigen Verhalten des Petroleums eine Analogie besitzt, dahin, daß das durch

[1]) „Mittheilungen" 1892, S. 126.

Erwärmen völlig verflüssigte Oel in Folge der plötzlichen Abkühlung in den Schmierbüchsen sich in einen mikroskopischen (?) Krystallbrei verwandelte, wodurch das Aufsaugen des Oeles in den Dochten natürlich verhindert wurde. Die Oele, über welche Wischin berichtet, stammten aus Galizien. Die beobachtete Erscheinung tritt indessen nach Wischins Erfahrungen nur vereinzelt auf.

Es erübrigt nunmehr, aus den gewonnenen Erfahrungen die Erwägungen abzuleiten, nach denen eine größere Einheitlichkeit in der Beurtheilung des Fließvermögens der dunklen Mineralöle herbeigeführt wird, als sie bisher, mangels größerer Erfahrungen über die fraglichen Veränderungen der Gefriergrenze einzelner Mineralöle, erzielt werden konnte.

Hierbei wird man sich gegenwärtig halten müssen, daß die benutzten Methoden, nämlich die U-Röhrchenprobe und die Probe im Reagensglas an sich zuverlässige, d. h. bei Wiederholungsversuchen mit gleichen Materialien gut übereinstimmende Ergebnisse liefern. (Leider wird diese Thatsache nicht immer genügend berücksichtigt, wie der Verkehr mit Auftraggebern der Versuchsanstalt mehrfach ergeben hat, und bei vorkommenden Meinungsverschiedenheiten über das Gefriervermögen dunkler Oele der Grund hierfür irrthümlicherweise eher in der Art der Ausübung des Gefrierversuches als in den oben dargelegten Veränderungen der Oele gesucht.)

Die in Aussicht zu nehmenden Verbesserungen des bisherigen Verfahrens haben sich mithin nicht auf etwaige Aenderungen der Apparate oder deren Handhabung, sondern nur auf geeignete Vorbereitung der Proben zu erstrecken und müssen unter Hinzuziehung der oben erläuterten Erscheinungen und früherer Erfahrungen[1]) so gewählt werden, daß die im Betriebe möglicherweise vorkommenden Einflüsse auf die Oele berücksichtigt werden.

Hiernach wird es sich empfehlen, die Prüfung mit folgenden Proben des ursprünglichen Oeles vorzunehmen (zu zahlenmäßiger Vergleichung der Konsistenz, wie dies z. B. bei Eisenbahnschmierölen erwünscht ist, wird man sich hierbei der U-Röhrchenprobe bedienen und dieselbe der Einheitlichkeit wegen überhaupt bei solchen Mineralölen allgemein anwenden, deren Werth von dem möglichst tief liegenden Gefriervermögen abhängt).

1. Zwei Proben des ursprünglichen Oeles ohne weitere Behandlung von verschiedenen Stellen, am besten von oben und unten, aus der Probeflasche entnommen.
2. Eine Probe des etwa 15 Min. auf 48—53 C°[2]) erhitzten Oeles ist gleichzeitig mit den beiden ersten Proben zu prüfen.
3. Falls die Prüfung unter 2. nicht bereits ein ungenügendes Fließvermögen des Oeles ergeben hat, ist von der unter 2. geprüften Probe nach deren Erwärmung im U-Rohr auf Zimmerwärme nochmals ein Gefrierversuch bei der vorgeschriebenen Versuchswärme vorzunehmen.

Bedingung ist nun, daß das Oel, nach 1., 2. und event. auch nach 3. geprüft, das vorgeschriebene Fließvermögen zeigt. Dagegen ist das Oel als ungenügend zu bezeichnen, wenn es in irgend einem der gewählten Prüfungsstadien ein unzureichendes Fließvermögen zeigt.

Wenn auch die vorgeschlagene Aenderung des Prüfungsverfahrens die bisherige Versuchsausführung ein wenig komplizirter gestaltet, so ist doch dieser Umstand gegenüber dem Vortheil,

---

[1]) „Mittheilungen" 1892, S. 126.

[2]) Diese Wärmegrenze ist nach dem Dafürhalten des Verfassers als die oberste praktisch in Frage kommende angenommen, immerhin wären aber auch andere Vorschläge aus den Kreisen der Praktiker willkommen, falls noch höhere Wärmegrade in den interessirten Betrieben in Frage kommen sollten.

daß eine größere Einheitlichkeit in der Beurtheilung der Oele an verschiedenen Prüfungsstellen durch die vorgeschlagenen Aenderungen erzielt werden kann, ohne Belang.

Bevor auf die Frage eingegangen wird, welchen Einfluß ein Gehalt an Wasser auf das Gefriervermögen der Oele ausübt, mag hier noch hervorgehoben werden, daß weder geringe zufällige Verunreinigungen noch die geringen vorkommenden Unterschiede in der Röhrchenweite (bis zu 0,3 mm) oder geringe Verengungen an der Biegungsstelle einen merklichen Einfluß auf das Ergebniß der Kälteprobe im U-Rohr gehabt haben. Dagegen empfiehlt es sich darauf zu achten, daß die Biegungsstellen an den U-Röhren keine auffälligen Verengungen zeigen[1]). Daß mit merklich an den Biegungsstellen verengten Röhren leicht zu niedrige Ergebnisse erhalten werden können, zeigen die nachfolgenden Zahlen:

Versuchsreihe 17.

Oel Nr.	Aufstiege im U-Rohr bei — 5 bezw. — 15 C° mm		Unterschied des Aufstiegs im verengten Rohr gegenüber normalem Rohr
	Normale Röhren	An der Biegungsstelle verengt[2])	
1	10,5	8,5	— 2
2	8,5	9,0	+ 0,5
3	18	17	— 1
4	13	12	— 1
5	17	14	— 3
6	17	15	— 2
7	19	16	— 3
8	9	8	— 1
9	9,5	8	— 1,5
		Mittel	**— 1,7**

---

2. Der Einfluß eines Gehaltes an Wasser auf das Gefriervermögen von Mineralölen.

Man ist von vornherein geneigt anzunehmen, daß unter 0° erstarrende Oele leichter gefrieren müssen, wenn sie wasserhaltig sind. Dieser Annahme stehen jedoch, wie schon an anderer Stelle[3]) kurz angedeutet wurde, verschiedene Beobachtungen entgegen. Dufour z. B. hat Wasser, in einer Mischung von Mandelöl und Chloroform emulgirt, derartig überkälten können, daß es bei — 20 C° noch nicht erstarrte.

Aehnliche Ueberkältungszustände des Wassers in Mischung mit Oelen hat die Versuchsanstalt bei Mineralschmierölen wiederholt beobachtet. In einzelnen Fällen zeigten sogar wasserhaltige Proben von Oelen ein wesentlich schwereres Gefriervermögen als das wasserfreie Oel.

Solche an sich auffälligen Erscheinungen können, wie die Erfahrung gezeigt hat, ebenso wie die oben besprochenen Veränderungen des Gefrierpunktes von Oelen durch ganz geringe

---

[1]) Auf diese Fehlerquelle hat schon früher Dr. Albrecht aufmerksam gemacht (Dingler, Bd. 285, Heft 3 u. 5.)

[2]) Diese Röhren waren als sorgfältig gearbeitete 6 mm weite U-Röhren beim Glasbläser bestellt, aber dennoch ungenügend ausgefallen. Es müssen daher unter Umständen noch ganz besondere Anweisungen über die Weite an der Biegungsstelle gegeben werden.

[3]) „Mittheilungen" 1895, Ergänzungsheft I.

Wärmeschwankungen, sehr leicht zu Meinungsverschiedenheiten an verschiedenen Prüfungsstellen führen, wo nicht völlige Bekanntschaft mit den fraglichen Erscheinungen auf den betheiligten Seiten vorhanden ist. Ein in dieser Hinsicht charakteristischer Streitfall lag vor einiger Zeit auch in der Versuchsanstalt vor und sei im Nachfolgenden wegen des allgemeineren Interesses, welches seine Aufklärung durch die hier angestellten Versuche darbietet, ausführlicher besprochen:

Ein von B. eingesandtes russisches braunes Destillatöl, welches in Folge eines Gehaltes an Wasser schlammige Beschaffenheit zeigte, wurde auf besonderen Wunsch des Einsenders im ursprünglichen und entwässerten Zustande auf sein Fließvermögen im 6 mm weiten U-Rohr bei — 15 C° geprüft. Hierbei zeigten sich nachfolgende Ergebnisse:

Behandlung des Oeles zum Versuch	Aufstieg im U-Rohr mm	
Ursprüngliches Oel durchgeschüttelt	11	12,5
Mit Chlorkalcium kalt geschüttelt und filtrirt (entwässert) . .	8	10
Ursprüngliches Oel auf 45—50 C° erhitzt	0	0
Mit Chlorkalcium bei 45—50 C° geschütteltes und filtrirtes Oel (entwässert)	0 0 0 0 0 0	

Nach vorstehenden Prüfungsergebnissen, deren Mittelwerthe für die einzelnen Proben dem Einsender mitgetheilt wurden, hatte das Oel also nur im ursprünglichen wasserhaltigen Zustande das vorgeschriebene Fließvermögen von 10 mm bei — 15 C°, während es im kalt entwässerten Zustande schwerer flüssig, im warm entwässerten Zustande und nach bloßem Erhitzen auf 45—50° bei — 15 C° überhaupt nicht fließend war.

Der Fabrikant des Oeles, dem die mitgetheilten Ergebnisse ein Räthsel waren, stellte der Versuchsanstalt zur weiteren Aufklärung des Falles mehrere Flaschen des angeblich gleichen Oeles zwecks Anstellung weiterer Versuche zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Nachprüfungen sind in Gemeinschaft mit den zum Prüfungsantrage ausgeführten Versuchen in den Versuchsreihen 18 bis 20 zusammengestellt. Hierbei zeigte sich u. a., wie aus Versuchsreihe 18 zu ersehen ist, daß die Oele in den verschiedenen zu Nachprüfungen eingesandten Flaschen keineswegs gleichartiges Material enthielten. Soweit die Proben indessen ein annähernd gleiches Fließvermögen bei — 15 C° im ursprünglichen Zustande hatten, wie das zum Antrage eingesandte Oel, zeigten sie auch ein dem letzteren ähnliches Verhalten nach dem Erhitzen oder Entwässern. Mit allen diesen im ursprünglichen Zustande bei — 15 C° fließenden Proben wurden nun unter verschiedenen Umständen, d. h. nach Erhitzung auf verschiedene Wärmegrade, nach Entwässerung unter verschiedenen Umständen und unter Herstellung neuer wasserhaltiger Proben aus den künstlich entwässerten, Versuche angestellt. Die Ergebnisse dieser in den Versuchsreihen 18 bis 20 mitgetheilten Untersuchungen bestätigten im Wesentlichen die anfänglich festgestellten Ergebnisse und erwiesen die Möglichkeit, daß durch bloßes Emulgiren mit Wasser eine Ueberkältung des abgekühlten Oeles herbeigeführt werden konnte. Dieser Ueberkältungszustand konnte bei den mit Wasser emulgirten ursprünglichen Proben durch bloßes schwaches Erhitzen regelmäßig beseitigt werden. Als Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinungen können Aenderungen der Molekularstruktur der Oele oder der Molekülspannungen zwischen Wasser und Oel angesehen werden, deren Wesen natürlich nur durch eingehende Versuche zu ermitteln wäre.

Die beiden Versuche mit dem bei Zimmerwärme nach Schütteln mit Chlorkalcium filtrirten Oel aus Flasche 1, welche den übrigen Ergebnissen mit kalt filtrirten Proben

Ausgeführt 2. bis 9. Januar 1894. Aufstiege in mm.

			Zum Prüfungsantrage eingeliefertes Oel	Zu Nachprüfungen eingelieferte Probeflaschen					
Farbe des Oeles in den einzelnen Flaschen				dunkelbraun			hellgelbbraun		
Flaschen-Nummern			1	2	3	4	5	6	7
Ursprüngliches Oel	Nicht erhitzt		12 | 12 | 11 | 12,5 / 7,5 | 11 | 3[1] | 3[1]	11[2] | 4 | 8,5[3] | — / 10 | 9 | 9[4] | 8	0[2] | 2[3] / —	3 | 7[3] / —	12[2] | 10 | 14[3] | 10 / 10 | 12 | 11[4] | 11	1[2]	5 | 7[3] | 5 | 5
	Erhitzt auf C°	35	—	1	—	—	2	—	0
		45	0 | 0 | —	—	—	—	—	—	—
		50	0 | 0 | 0	0[2] | 0 | 0 | 1[3]	0[2] | 0[3]	0 | 0[3]	3[2] | 2,5 | 3[3] | 2,5	2[2]	1 | 2[3] | 2
Entwässert durch	Filtriren bei	Zimmerwärme	0 | 0 | 4	0 | 0[4]	—	—	8 | 5[3]	—	1
		45	0 | 0 | —	—			—		—
	Filtriren des mit Chlorcalcium geschüttelten Oeles bei	Zimmerwärme	8 | 10	0	—	—	7[3]	—	—
		45	0 | —	—	—	—	—	—	—
		50	0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0[1] | 0[1]	—	—	—	—	—	—
Flüssigkeitgrad nach Engler (Wasser von 20 C° = 1). Mittel aus je zwei gut übereinstimmenden Versuchen			—	**25,20**	**24,30**	—	**32,55**	**30,75**	—
Bemerkungen			[1]) Schon einmal auf — 15 C° abgekühlt.	Temperatur: [2]) zeitweise bis —14,3 [3]) —14,4 bis 14,6 [4]) zeitweise bis —14,4.	[2]) und [3]) wie Bemerkung [2]) und [3]) bei Oel 2.	[3]) wie Bemerkung [3]) bei Oel 2.	[2]), [3]) und [4]) wie die entsprechenden Bemerk. bei Oel 2.	[2]) wie die entsprechende Bemerk. bei Oel 2.	[3]) wie die entsprech. Bemerkung bei Oel 2.

Versuchsreihe 19. Untersuchung von entwässerten und dann künstlich mit Wasser versetzten Gemischen der Oele aus Versuchsreihe 18 bei — 15 C°.

Nr. des Oeles				8	9	10	11
Art der Mischung und Entwässerung				Aus mehreren der vorstehenden Proben 1—7 (Versuchsreihe 18), welche zum Theil erwärmt, zum Theil bei — 15 C° geprüft worden waren, gemischt und durch Filtration bei Zimmerwärme geklärt	Aus den Proben 1—7 der Versuchsreihe 18 zusammengemischt und durch Erhitzen auf Wasserbad entwässert bezw. geklärt	Gemisch von 1, 4 u. 6 (Versuchsreihe 18) auf 50 C° erwärmt und dann durch kaltes Filtriren nach Chlorcalciumzusatz geklärt	Gemisch von 1 und 4 (Versuchsreihe 18), durch kaltes Filtriren geklärt
Wasserfreies Oel, Aufstiege mm				1[1]) | 1,5 | 3[1]) | 0 | 0,5 | 3	0 | 0 | 0	1	2 | 2
Künstlich mit Wasser versetzt	% Gehalt an Wasser			0,27 | 0,40 | 0,49 | 0,62 | 0,97	0,75 | 1,19	1,2 | 1,88	0,48 | 0,96
	Aufstiege mm	Nicht erhitztes Oel		3 | 3,7[1]) | 2,7 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1[1]) | 0 | 1 | 0 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 1	7 | 5 | 11,5 | 5 | 4 | 7	0 | 0 | 0 | 1 | 1	1 | 1 | 1 | 1
		Erhitzt auf C°	50	0 | 0[1]) | | | | | 2 | 1[1]) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0	— | —	0 | 0	0 | 1
			65	—	2,7[1]) | 2,0[1])	— | —	—
Bemerkungen				[1]) Im Reagensglas von 15 mm Weite geprüftes Oel nicht fließend.	[1]) Nur ganz kurze Zeit erhitzt.		

Wärmeschwankungen, sehr leicht zu Meinungsverschiedenheiten an verschiedenen Prüfungsstellen führen, wo nicht völlige Bekanntschaft mit den fraglichen Erscheinungen auf den betheiligten Seiten vorhanden ist. Ein in dieser Hinsicht charakteristischer Streitfall lag vor einiger Zeit auch in der Versuchsanstalt vor und sei im Nachfolgenden wegen des allgemeineren Interesses, welches seine Aufklärung durch die hier angestellten Versuche darbietet, ausführlicher besprochen:

Ein von B. eingesandtes russisches braunes Destillatöl, welches in Folge eines Gehaltes an Wasser schlammige Beschaffenheit zeigte, wurde auf besonderen Wunsch des Einsenders im ursprünglichen und entwässerten Zustande auf sein Fließvermögen im 6 mm weiten U-Rohr bei — 15 C° geprüft. Hierbei zeigten sich nachfolgende Ergebnisse:

Behandlung des Oeles zum Versuch	Aufstieg im U-Rohr mm	
Ursprüngliches Oel durchgeschüttelt	11	12,5
Mit Chlorkalcium kalt geschüttelt und filtrirt (entwässert) . .	8	10
Ursprüngliches Oel auf 45—50 C° erhitzt	0	0
Mit Chlorkalcium bei 45—50 C° geschütteltes und filtrirtes Oel (entwässert)	0 0 0 0 0 0	

Nach vorstehenden Prüfungsergebnissen, deren Mittelwerthe für die einzelnen Proben dem Einsender mitgetheilt wurden, hatte das Oel also nur im ursprünglichen wasserhaltigen Zustande das vorgeschriebene Fließvermögen von 10 mm bei — 15 C°, während es im kalt entwässerten Zustande schwerer flüssig, im warm entwässerten Zustande und nach bloßem Erhitzen auf 45—50° bei — 15 C° überhaupt nicht fließend war.

Der Fabrikant des Oeles, dem die mitgetheilten Ergebnisse ein Räthsel waren, stellte der Versuchsanstalt zur weiteren Aufklärung des Falles mehrere Flaschen des angeblich gleichen Oeles zwecks Anstellung weiterer Versuche zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Nachprüfungen sind in Gemeinschaft mit den zum Prüfungsantrage ausgeführten Versuchen in den Versuchsreihen 18 bis 20 zusammengestellt. Hierbei zeigte sich u. a., wie aus Versuchsreihe 18 zu ersehen ist, daß die Oele in den verschiedenen zu Nachprüfungen eingesandten Flaschen keineswegs gleichartiges Material enthielten. Soweit die Proben indessen ein annähernd gleiches Fließvermögen bei — 15 C° im ursprünglichen Zustande hatten, wie das zum Antrage eingesandte Oel, zeigten sie auch ein dem letzteren ähnliches Verhalten nach dem Erhitzen oder Entwässern. Mit allen diesen im ursprünglichen Zustande bei — 15 C° fließenden Proben wurden nun unter verschiedenen Umständen, d. h. nach Erhitzung auf verschiedene Wärmegrade, nach Entwässerung unter verschiedenen Umständen und unter Herstellung neuer wasserhaltiger Proben aus den künstlich entwässerten, Versuche angestellt. Die Ergebnisse dieser in den Versuchsreihen 18 bis 20 mitgetheilten Untersuchungen bestätigten im Wesentlichen die anfänglich festgestellten Ergebnisse und erwiesen die Möglichkeit, daß durch bloßes Emulgiren mit Wasser eine Ueberkältung des abgekühlten Oeles herbeigeführt werden konnte. Dieser Ueberkältungszustand konnte bei den mit Wasser emulgirten ursprünglichen Proben durch bloßes schwaches Erhitzen regelmäßig beseitigt werden. Als Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinungen können Aenderungen der Molekularstruktur der Oele oder der Molekülspannungen zwischen Wasser und Oel angesehen werden, deren Wesen natürlich nur durch eingehende Versuche zu ermitteln wäre.

Die beiden Versuche mit dem bei Zimmerwärme nach Schütteln mit Chlorkalcium filtrirten Oel aus Flasche 1, welche den übrigen Ergebnissen mit kalt filtrirten Proben

Ausgeführt 2. bis 9. Januar 1894. Aufstiege in mm.

			Zum Prüfungsantrage eingeliefertes Oel	Zu Nachprüfungen eingelieferte Probeflaschen					
Farbe des Oeles in den einzelnen Flaschen			dunkelbraun				hellgelbbraun		
Flaschen-Nummern			1	2	3	4	5	6	7
Ursprüngliches Oel	Nicht erhitzt		12 | 12 | 11 | 12,5 7,5 | 11 | 3[1]) | 3[1])	11[2]) | 4 | 8,5[3]) | — 10 | 9 | 9[4]) | 8	0[2]) | 2[3])	3 | 7[3])	12[2]) | 10 | 14[3]) | 10 10 | 12 | 11[4]) | 11	1[2])	5 | 7[3]) | 5 | 5
	Erhitzt auf C°	35	—	1	—	—	2	—	0
		45	0 | 0 | —	—	—	—	—	—	—
		50	0 | 0 | 0	0[2]) | 0 | 0 | 1[3])	0[2]) | 0[3])	0 | 0[3])	3[2]) | 2,5 | 3[3]) | 2,5	2[2])	1 | 2[3]) | 2
Entwässert durch	Filtriren bei	Zimmerwärme	0 | 0 | 4	0 | 0[4])	—	—	8 | 5[3])	—	1
		45	0 | 0 | —	—			—		—
	Filtriren des mit Chlorcalcium geschüttelten Oeles bei	Zimmerwärme	8 | 10	0	—	—	7[3])	—	—
		45	0 | —	—	—	—	—	—	—
		50	0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0[1]) | 0[1])	—	—	—	—	—	—
Flüssigkeitgrad nach Engler (Wasser von 20 C° = 1). Mittel aus je zwei gut übereinstimmenden Versuchen			—	**25**,20	**24**,30	—	**32**,55	**30**,75	—
Bemerkungen			[1]) Schon einmal auf — 15 C° abgekühlt.	Temperatur: [2]) zeitweise bis —14,3 [3]) — 14,4 bis 14,6 [4]) zeitweise bis —14,4.	[2]) und [3]) wie Bemerkung [2]) und [3]) bei Oel 2.	[3]) wie Bemerkung [3]) bei Oel 2.	[2]), [3]) und [4]) wie die entsprechenden Bemerk. bei Oel 2.	[2]) wie die entsprechende Bemerk. bei Oel 2.	[3]) wie die entsprech. Bemerkung bei Oel 2.

Versuchsreihe 19. Untersuchung von entwässerten und dann künstlich mit Wasser versetzten Gemischen der Oele aus Versuchsreihe 18 bei — 15 C°.

Nr. des Oeles			8	9	10	11
Art der Mischung und Entwässerung			Aus mehreren der vorstehenden Proben 1—7 (Versuchsreihe 18), welche zum Theil erwärmt, zum Theil bei — 15 C° geprüft worden waren, gemischt und durch Filtration bei Zimmerwärme geklärt	Aus den Proben 1—7 der Versuchsreihe 18 zusammengemischt und durch Erhitzen auf Wasserbad entwässert bezw. geklärt	Gemisch von 1, 4 u. 6 (Versuchsreihe 18) auf 50 C° erwärmt und dann durch kaltes Filtriren nach Chlorcalciumzusatz geklärt	Gemisch von 1 und 4 (Versuchsreihe 18), durch kaltes Filtriren geklärt
Wasserfreies Oel, Aufstiege mm			1[1]) | 1,5 | 3[1]) | 0 | 0,5 | 3	0 | 0 | 0	1	2 | 2
Künstlich mit Wasser versetzt	% Gehalt an Wasser		0,27 | 0,40 | 0,49 | 0,62 | 0,97	0,75 | 1,19	1,2 | 1,88	0,48 | 0,96
	Aufstiege mm	Nicht erhitztes Oel	3 | 3,7[1]) | 2,7 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1[1]) | 0 | 1 | 0 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 1	7 | 5 | 11,5 | 5 | 4 | 7	0 | 0 | 0 | 1 | 1	1 | 1 | 1 | 1
		Erhitzt auf C° 50	0 | 0[1]) | | | | | 2 | 1[1]) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0	— | —	0 | 0	0 | 1
		Erhitzt auf C° 65	—	2,7[1]) | 2,0[1])	— | —	—
Bemerkungen			[1]) Im Reagensglas von 15 mm Weite geprüftes Oel nicht fließend.	[1]) Nur ganz kurze Zeit erhitzt.		

Versuchsreihe 20.

(Ergänzung zu Versuchsreihe 18 und 19; ausgeführt 7. bis 9. April 1894.)

	Flaschen-Nr.	Vorbereitung der Proben zum Versuche	Aussehen der Proben bei Zimmerwärme	Wärmegrad C°	Aufstieg im U-Rohr mm
Zum Prüfungsantrage und zu Nachprüfungen eingereichte Probeflaschen	1—3 — 3 gemischt	durch mehrstündiges Erhitzen auf dem Wasserbade entwässert	klar	—9,9 bis —10,2	15 15
	1—3 — 3 gemischt			—13,8 bis —14,2	1,5 1,5
	5	im Anlieferungszustande	sehr stark getrübt	—13,8 bis —14,2	8 8
Zum Prüfungsantrage eingereichte Probeflasche 1	1	vom oberen Theil der Probeflasche abgegossen, nachdem Bodensatz aufgerührt worden war und Flasche ein Tag ruhig gestanden hatte	merklich getrübt	— 15	12 13
		vom Boden der Probeflasche nach vorsichtigem Abgießen des größten Theiles des Oeles und Durchschütteln des Restes mit dem Bodensatz entnommen	sehr stark getrübt	— 15	5 4
		bei Zimmerwärme filtrirt	klar	— 15	1 1
		bei Zimmerwärme filtrirt und mit einem Theil des Filterrückstandes wieder durchgeschüttelt	sehr stark getrübt	— 15	12 16
		bei Zimmerwärme filtrirt	klar	— 15	1 1
		bei Zimmerwärme filtrirt	klar	—13,8 bis —14,2	1,5 4

anscheinend widersprechen, weisen darauf hin, daß das klare entwässerte Oel ähnlich dem eingangs beschriebenen russischen Destillatöl 1 ein sehr leicht veränderliches Gefriervermögen zeigt. Auch bei dem nach der Entwässerung künstlich mit Wasser versetzten Oel ließen sich die fraglichen Ueberkältungszustände des Oeles nur bei einzelnen Versuchen, nicht aber bei der Mehrzahl der Versuche herbeiführen. Die Umstände, unter denen es möglich ist, bei derartigen Emulsionen ohne Erhitzung den stets gleichen physikalischen Zustand in der Emulsion herbeizuführen, müßten demnach noch den Gegenstand weiterer Untersuchung bilden.

Die nachfolgenden mit dunklen, wasserfreien und stark wasserhaltigen Eisenbahnschmierölen ausgeführten Versuche (Versuchsreihe 21) liefern ebenfalls den Beweis, daß die Gegenwart von Wasser in geringen und erheblichen Mengen durchaus kein leichteres Erstarren der Oele herbeizuführen braucht. Das Fließvermögen der Oele bei — 5 und — 15 C° zeigte selbst bei einem Zusatz von 10 % Wasser keine Veränderung. Um die Einflüsse etwaiger Veränderungen der Gefrierpunkte der Oele zu verschiedenen Zeiten bei den Versuchen auszuschalten, wurden die wasserfreien und entsprechenden wasserhaltigen Oele stets gleichzeitig in einer Kältelösung geprüft.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß in manchen Fabrikantenkreisen, z. Th. auf Grund eigener Versuche, die Anschauung vorherrscht, ein Gehalt an Wasser, selbst von wenigen Zehntel Prozenten müsse unter allen Umständen ein leichteres Erstarrungsvermögen schwer

Versuchsreihe 21.

Einfluß des Wassergehaltes auf das Gefriervermögen dunkler Mineralöle.

Lfd. Nr.	Art des Oeles	Abgekühlt auf C°	Prozentgehalt an Wasser	Datum der Versuche	Aufstiege im 6 mm weiten U-Rohr mm				Bemerkungen
1	Dunkles Destillatöl, im 6 mm U-Rohr klar durchscheinend	— 15	0	14. 12. 94.	3	2,5	6	5	Aeltere Versuche. Das Oel hat etwas veränderliches Gefriervermögen.
				28. 12. 94.	9,5	8,0	9,5		
				3. 7. 95.	3,7		4,5		—
				4. 7. 95.	(8,5)		4,5		
			1	3. 7. 95.	5,3		5,5		
			2	4. 7. 95.	4,7		4,2		
			10	4. 7. 95.	4,2		5,2		
2	Dunkles Destillatöl, im 6 mm U-Rohr klar durchscheinend		0	27. 6. 95.	24		25		—
			0,5	27. 6. 95.	26		26,5		
			1,0	27. 6. 95.	24,5		24		
3	Im 6 mm U-Rohr undurchsichtiges Oel		0	2. 7. 95.	10,5		9,7 [1]		[1] 10 Min. auf 90 C° erhitzte Probe.
				3. 7. 95.	10,3		10,8		—
			1	3. 7. 95.	10,0		10,7		
			2	3. 7. 95.	10,5		12,2		

erstarrender Mineralöle herbeiführen[1]). Es ist daher zur Aufklärung derartiger, das Materialabnahmewesen sehr berührender Widersprüche wohl erwünscht, daß in weiteren Kreisen Versuche über die aufgeworfene Frage angestellt werden. Auch ist die Versuchsanstalt zur Klärung des Sachverhaltes event. bereit, in ihrem Laboratorium den Interessenten Gelegenheit zur Ausführung gemeinschaftlicher Versuche zu geben.

3. Sogenanntes wasserlösliches Vaselinöl.

Während bislang die aus dem Rohpetroleum gewonnenen Mineralöle als unverseifbar und gleich den verseifbaren fetten Oelen als in Wasser unlöslich galten, ist neuerdings wiederholt in der Literatur von verseifbaren und wasserlöslichen Mineralölen die Rede gewesen[2]). Durfte man sich angesichts der ja im Wesentlichen bekannten Zusammensetzung der Erdöle von vornherein sagen, daß es sich bei diesen Produkten nur um theilweise veränderte Oele handeln konnte, so wurde diese Auffassung durch die schließlich zahlreich veröffentlichten Angaben über die Herstellung jener Oele bestätigt. Hiernach sind die sogenannten wasserlöslichen Oele aus Mineralölen durch starke Oxydationsmittel, z. B. Braunstein und Schwefelsäure unter Anwendung von Preßluft, durch Alkalien bei gleichzeitiger Einwirkung von hohen Wärmegraden und Luft, Ozon ꝛc. gewonnen worden. Die sogenannte Wasserlöslichkeit aber besteht im Wesentlichen nur darin, daß die Oele, mit Alkalien behandelt, seifenartige wasserlösliche Produkte bilden sollen.

[1]) Dr. Albrecht, Glasers Ann. 1893, Die Lieferungsbedingungen ꝛc.

[2]) Donath, Haack, Mullerus u. a. „Chem.-Ztg." 1892, S. 35, 590, 694, 1396, 1598.

Mit Ausnahme von Haack, welchem es angeblich gelungen ist, völlig verseifbare und in diesem Zustande wasserlösliche Mineralöle herzustellen, stimmen freilich die übrigen Beobachter, wie auch anfänglich Haack, darin überein, daß die fraglichen verseifbaren Oele, mit Laugen behandelt, immer nur Emulsionen geben, in welchen die vorhandene Seife unverändertes Mineralöl schwebend hält. Von diesen Beobachtern wird daher der Verwendung der Mineralöle zur Seifenfabrikation vor der Hand kein Vertrauen entgegengebracht. Wie bekannt, bildet die Oxydation von Erdölbestandtheilen zu verseifbaren fettsäureartigen Körpern oft eine große Belästigung bei der Raffination der Mineralöle, wo einzelne Theile durch den Einfluß der Preßluft unter gleichzeitiger Einwirkung von konzentrirter Schwefelsäure leicht in saure Produkte übergehen, welche bei der nachherigen Behandlung der Oele mit Natronlaugen Seifen bilden. Letztere verursachen alsdann die gefürchteten Emulsionsbildungen. Die Fähigkeit der Alkaliseifen, Fettbestandtheile in wässriger Lösung zu emulgiren, bildet ja bekanntlich das Prinzip in der Wirkung der Waschseifen bei Entfernung von Fettstoffen aus Kleidern ꝛc. Auch in der Fettanalyse wird diese Eigenschaft der Seife benutzt, indem fettsäurehaltige fette Oele durch ihre Fähigkeit, mit Sodalösung Emulsionen zu geben, von fettsäurefreien Oelen unterschieden werden. Offenbar ruft hier die aus freier Fettsäure und Soda sich bildende Seife die Emulsion hervor.

Während nun, wie schon oben angedeutet, die Verwendung der sogenannten verseifbaren Mineralöle zur Herstellung brauchbarer Seifen noch auf Schwierigkeiten zu stoßen scheint und dieselbe sich in die Praxis der Seifensiederei, wie z. B. die Lektüre des „Seifenfabrikanten" ergiebt, kaum irgendwo eingebürgert hat, werden anscheinend nicht ohne Erfolg auf anderen Gebieten seit einiger Zeit Versuche mit sogenannten wasserlöslichen Mineralölen vorgenommen.

So wird in der Oesterreichischen Chemiker- und Techniker-Zeitung 1893, Nr. 22 ein wasserlösliches Vaselinöl, sogenanntes Vaselinum oxygenatum oder Vasogen, beschrieben, welches durch Oxydation von Mineralölen mittelst komprimirten Sauerstoffs entstanden sei, freies Ammoniak enthalte und mit Wasser sich emulgiren lasse. Das Produkt ist von F. W. Klewer in Köln hergestellt und soll sich vorzüglich zu dermatologischen und kosmetischen Zwecken eignen, indem es die zur Einwirkung auf die Haut gelangenden Stoffe (Jodoform, Kreosot, Ichthyol ꝛc.) leicht auflöst und vermöge seiner leichten Emulgirbarkeit leicht in die Gewebe des Körpers eindringt. Das Emulgirungsvermögen des Oels soll durch den Gehalt an freiem Ammoniak bedingt und durch Erhitzen des Oeles und Entweichen des Ammoniaks beseitigt werden.

Offenbar dasselbe Oel wie das soeben beschriebene erwähnt Dr. v. Lohr in einem Vortrage über wasserlösliches Vaselinöl von F. W. Klewer[1]). v. Lohr macht auf die Nothwendigkeit sorgfältiger Aufbewahrung des Oeles aufmerksam, da durch das allmähliche Entweichen des Ammoniaks das Emulgirungsvermögen des Oeles sonst verloren geht. Das bei Verwendung zu medizinischen Zwecken Vasogen genannte Oel findet im Uebrigen auch zu technischen Zwecken, z. B. als Zusatz zum Druckwasser bei hydraulischen Pressen zum Verhüten von Rostbildung bei Eisentheilen ꝛc. Verwendung.

Auch in der Versuchsanstalt gelangte kürzlich ein dem vorstehend beschriebenen ähnliches Oel zur Prüfung, und es dürfte von Interesse sein, die hierbei gewonnenen Ergebnisse kennen zu lernen. Das Oel war von Herrn W. Lohmann in Berlin eingereicht worden und sollte hauptsächlich in Rücksicht auf seine Verwendbarkeit zu Schmierzwecken geprüft werden.

[1]) „Zeitschr. f. angew. Chem." 1894, 14, S. 443.

Daher wurden äußere Erscheinungen, Flüssigkeitgrad, Verhalten in der Kälte, Flammpunkt, Säuregehalt ꝛc. untersucht. Zugleich wurden außer den Versuchen mit dem reinen Oel auf der Oelprobirmaschine praktische Versuche mit den leicht herstellbaren Emulsionen des Oeles mit Wasser an den Metallfräs- und Schneidemaschinen der hiesigen Werkstatt angestellt, da das Material hierzu event. geeignet erschien. Die erzielten Ergebnisse sind nachstehend mitgetheilt.

Ergebnisse der Prüfungen.

Bezeichnung des Oeles durch den Antragsteller: Wasserlösliches Vaselinöl.

Aeußere Erscheinungen: Leichtflüssig, im 15 mm weiten Reagensglas braungelb, in breiterer Schicht rothbraun, fluorescirend mit blauem Schimmer, klar durchsichtig, Geruch nach Ammoniak.

Flüssigkeitgrad nach Engler bezogen auf Wasser von 20 C° = 1

Wärmegrad C° . .	20	30	40	50
Flüssigkeitgrad . .	9,75	6,15	4,20	3,00.

Verhalten in der Kälte (festgestellt im 15 mm weiten Reagensglas). Das eingelieferte Oel ist bei + 3 C° nicht fließend. Eine Mischung von 2 Theilen Oel und 100 Theilen Wasser bleibt bei 0° fließend, ist aber bei — 5 C° gefroren, eine Mischung von 20 Theilen Oel und 100 Theilen Wasser bleibt bei — 5 C° noch fließend.

Flammpunkt C° (Apparat Pensky). Unter 50°.

Schmierfähigkeit bestimmt mit der Maschine von Martens[1]).

Versuchsbedingungen: Gehärteter Stahlzapfen, d = 100 mm, l = 70 mm; 3 Lagerschalen aus Messing, je 20 mm breit. Die nachstehenden Werthe sind bei reichlicher Schmierung erhalten.

Umdrehungsgeschwindigkeit v = 1,0 m/sec.

Druck auf die Schmierschicht in kg/qcm; p =	10	25	40
Wärmegrad der Lagerschalen in C°; tm = ...	23,5	26,8	30,0
Wärmeüberschuß der Lagerschalen über Zimmerwärme C°; tm − t = ...	4,0	6,8	10,0
Reibungskoeffizient μ = ...	0,00885	0,00452	0,00504
Mittlere Verhältnißzahl bezogen auf Rüböl = 100 für die Drucke 10—53 kg/qcm		130	

Bemerkungen. Das Pendel wird unruhig bei p = 53 kg/qcm; die Schmierung bleibt vollkommen bis p = 145 kg/qcm.

Gehalt an freier Säure: 0,73 % berechnet als Schwefelsäureanhydrid
5,10 % „ „ Oelsäure.

Die Dämpfe des Oeles reagiren gegen Lakmuspapier alkalisch.

Emulgirversuche mit Wasser: Das Oel läßt sich in beliebigen Verhältnissen mit destillirtem und Leitungswasser zu milchigen Flüssigkeiten emulgiren, welche auch bei längerem Stehen kein Oel an der Oberfläche absondern, nur wurden bei verschiedenen Mischungen (0,1 bis zu 5 g Oel auf 100 g Wasser) an der Oberfläche Abscheidungen käsig flockiger gelber Bestandtheile bemerkt. Je verdünnter diese Mischungen waren, um so deutlicher traten die käsigen Abscheidungen hervor. Durch längeres Erhitzen des Oeles auf dem Wasserbade bis zum Verschwinden des Ammoniakgeruches verliert es sein Emulgirungsvermögen.

[1]) Mittheilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1889, Ergänzungsheft 5, S. 12.

Versuche mit verschiedenen Gemischen des Oeles mit Wasser beim Fräsen und Schneiden von Metallen.

Hierzu wurden folgende Mischungen benutzt:

1. 20 g Oel auf ½ Liter Leitungswasser
2. 20 g Oel „ 1 „ „
3. 20 g Oel „ 2 „ „

Bei Anwendung von Mischung 1 und 2 fand kein Rosten der Eisentheile statt, und die mechanischen Arbeiten gingen bequem von statten. Bei Mischung 3 trat Rosten der Eisentheile ein, weshalb von der Benutzung dieser Mischung Abstand genommen werden mußte. Hervorzuheben ist die leichte Herstellbarkeit der Mischungen von Oel und Wasser durch bloßes Zusammenrühren der Einzelbestandtheile bei Zimmerwärme.

Qualitative Versuche über die Einwirkung des Oeles auf Metalle.

Das ursprüngliche Oel bringt auf Eisen keine Rostflecke hervor. Dagegen werden Messing und Spähne von Phosphorbronce nach kurzem Stehen bei Zimmerwärme von dem Oel bei Luftzutritt unter starker Grünfärbung angegriffen. Die Mischungen 1 und 2 zeigen nach etwa eintägigem Stehen bei Zimmerwärme mit Spähnen von Messing schwache, mit Spähnen von Phosphorbronce stärkere Grünfärbung.

Nach vorstehenden Prüfungsergebnissen hat sich das Oel in Mischung mit Wasser (1 Thl. Oel auf 50 Thl. Wasser) gut zum Fräsen und Schneiden von Metallen bewährt. Die Vortheile in der Verwendung des Oeles gegenüber der bislang in der Versuchsanstalt benutzten Seifenlösung bestanden hauptsächlich in der Schnelligkeit der Zubereitung der Mischungen, der Verhütung von Rosten und der guten Haltbarkeit der Mischungen, wodurch der Verbrauch schließlich ein geringerer war als bei Seifenlösung [1]).

Den übrigen bekannten Schmierölen für Betriebsmaschinen, Eisenbahnwagen ꝛc. steht das unvermischte Oel wegen seines leichten Erstarrungsvermögens, seiner niedrigen Entflammbarkeit, Dünnflüssigkeit und Säuregehalt nach; außerdem ist es selbstredend in Folge seiner umständlichen Herstellungsweise bedeutend theurer als die üblichen Mineralöle [2]).

Das anscheinend auffällige schwere Erstarren der Mischungen des Oeles mit Wasser in der Kälte kann auf die den Gefrierpunkt des Wassers herabsetzende gelöste Ammoniakseife, event. auch auf einen bloßen durch die Emulgirung mit Wasser bedingten Ueberkältungszustand zurückzuführen sein. Daß die fraglichen Mischungen des Oeles mit Wasser wegen ihrer Leichtflüssigkeit, ihres Angriffsvermögens auf Messingtheile ꝛc. bei Betriebsmaschinen, Wagenaxen bei Bahnen ꝛc. nicht etwa als Ersatz für die bisherigen Schmieröle ins Auge zu fassen sind, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden. Dagegen dürfte eine Verwendung derartiger fein emulgirbarer Oele in der Textilindustrie zum Einfetten von Wolle ꝛc., wie überhaupt in solchen Fabrikationszweigen zu erwägen sein, wo es darauf ankommt, ein nicht oxydirbares Oel in feinster Vertheilung auf Fasern ꝛc. auszubreiten und bequem durch Auswaschen mit Wasser zu entfernen.

---

[1]) Im General-Katalog von Merlander, Spier & Co., 1895 ist ein wasserlösliches Bohr- und Schraubenöl angeführt, welches für Werkzeugmaschinen verschiedener Art empfohlen wird und den oben beschriebenen Oelen ähnlich sein dürfte.

[2]) 1 kg von der Versuchsanstalt für den hiesigen Werkstattsbetrieb bezogenes Oel kostete 2 Mk.

Was nun das eigenthümliche Verhalten des Oeles anbetrifft, gleichzeitig beständig Ammoniakdämpfe an die Luft abzugeben und dabei freie Fettsäure zu enthalten, so ist diese Erscheinung auf die im Oel enthaltene Ammoniakseife zurückzuführen. Letztere Seife ist nämlich, wie Versuche mit selbst hergestelltem ölsaurem Ammoniak ergeben haben, einem beständig vor sich gehenden Selbstzersetzungsprozeß in Ammoniak und freie Oelsäure unterworfen. Während Ammoniak entweicht, bleibt Oelsäure vollständig zurück und muß daher im Rückstand stets im Ueberschuß vorgefunden werden.

Die Zersetzung wird durch folgende Umsetzungsformel erläutert:

$$\underset{\text{ölsaures Ammonium}}{C_{17}H_{33}CO_2NH_4} = \underset{\text{Oelsäure}}{C_{18}H_{34}O_2} + \underset{\text{Ammoniak.}}{NH_3}$$

Die Zersetzlichkeit des ölsauren Ammoniaks wird durch Erhitzen befördert, sodaß beim Erhitzen der Ammoniakölsäureseife auf dem Wasserbade reine Oelsäure zurückbleibt. Da nun die Ammoniakseife in dem Oel offenbar das Emulgirungsvermögen hervorruft, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn durch die beim Erhitzen des Oeles stattfindende Zersetzung der Seife das Emulgirungsvermögen des Oeles schließlich verschwindet.

Durch Zusatz von Ammoniak (oder Kalilauge) zu dem erhitzten, nicht mehr emulsionsfähigen Oel konnte die Fähigkeit des Oeles, emulgirt zu werden, wieder hervorgerufen werden, indem durch die Einwirkung von Ammoniak auf die zurückgebliebene Fettsäure wiederum Ammoniakseife gebildet wurde. Um die Gegenwart von seifenbildenden Fettsäuren noch in anderer Weise zu zeigen, wurde das Oel mit einem Stückchen festen Natriumhydrats $^1/_4$ Stunde lang auf 230—240 C^0 im Paraffinbade erhitzt; hierbei trat das bekannte gelatinöse Erstarren des Oeles bei Zimmerwärme, hervorgerufen durch Bildung fester Natronseife, ein.

Die Menge des gebundenen Ammoniaks sowie der an Ammoniak gebundenen und freien Fettsäure im Oel wurde wie folgt ermittelt.

A. Bestimmung des Ammoniaks.

Das Ammoniak befindet sich im Oel im gebundenen Zustande, da das Oel, mit Wasser emulgirt, Phenolphtaleïn erst nach Zusatz einer größeren Menge Ammoniak röthet. Das Oel reagirt also sauer. Die Säure hat fettsäureartigen Charakter, da die wässrige Emulsion des Oeles eine Lösung von Methylorange nicht röthet. Da die vorhandene Ammoniakseife durch Salzsäure unter Bildung von salzsaurem Ammoniak und freier Oelsäure zersetzt wird:

$$\underset{\text{ölsaures Ammonium}}{C_{18}H_{33}NH_4O_2} + \underset{\text{Salzsäure}}{HCl} = \underset{\text{Salmiak}}{NH_4Cl} + \underset{\text{Oelsäure}}{C_{18}H_{34}O_2}$$

so kann man die gebundene Ammoniakmenge durch Zersetzung der Seife mit titrirter Salzsäure unter Zusatz von Methylorange als Indikator in der wässrigen Mischung des Oeles bestimmen.

Es erforderten zur Neutralisation:

1. 9,8145 g Oel . . . 25,18 ccm Salzsäure = 0,866 % Ammoniak
2. 12,2630 g „ . . . 31,58 ccm „ = 0,869 % „

Das Oel enthält demnach im Mittel 0,868 % Ammoniak

B. Bestimmung der an Ammoniak gebundenen Fettsäure.

Die gefundenen 0,868 % Ammoniak entsprechen 14,3 % Fettsäure als Oelsäure berechnet. Dies ist die Menge der im Oel enthaltenen an Ammoniak gebundenen Fettsäure.

C. Bestimmung der freien Fettsäure.

Da das ölsaure Ammoniak durch Natronlauge oder Kalilauge zersetzt wird in ölsaures Natrium, bezw. ölsaures Kali einerseits und Ammoniak andererseits, so mußte zur Ermittelung der freien Fettsäure entweder mit Ammoniak titrirt oder zunächst die gesammte im Oel gebundene und frei enthaltene Fettsäure durch Titration des Oeles mit Natronlauge unter Zusatz von Phenolphtaleïn bestimmt werden. Aus der Differenz zwischen der Gesammtfettsäure und der oben ermittelten gebundenen Fettsäure konnte alsdann der Gehalt an freier Fettsäure ermittelt werden. Letzterer Weg wurde eingeschlagen.

Die Titration mit alkoholischer etwa $^n/_{10}$ Natronlauge geschah, wie sonst üblich bei Bestimmung der freien Fettsäure, in alkoholisch-ätherischer Lösung des Oeles unter Zusatz von Phenolphtaleïn als Indikator. Um sicher zu sein, daß alles Ammoniak schließlich ausgetrieben war, wurde nach Beendigung der Titration mit einem Ueberschuß von Lauge erhitzt, wobei kein Ammoniak mehr entwich.

Es verbrauchten 10,3820 g Oel 56,9 ccm Natronlauge = 19,4 % Gesammtfettsäure, als Oelsäure berechnet. Da die Menge der gebundenen Fettsäure 14,3 % betrug, waren im Ganzen 5,1 % freie Fettsäure, als Oelsäure berechnet, vorhanden.

Um schließlich obige Bestimmung der gesammten Fettsäure zu kontroliren, wurde eine gewogene Menge des Oeles so lange (mehrere Stunden) auf dem Wasserbade erhitzt, bis kein Ammoniak mehr entwich und von der anfänglichen vorhandenen Ammoniakseife nur noch die nunmehr freigewordenen Fettsäuren neben der schon vorher vorhandenen freien Fettsäure vorhanden war. Die Titration des so erhaltenen Oeles ergab, daß für 8,3 g Oel (auf der Handwage gewogen) 44,8 ccm alkoholischer etwa $^n/_{10}$ Natronlauge erforderlich waren; hiernach berechneten sich 19,15 % Gesammtfettsäure (an Ammoniak gebundene und freie), bezogen auf das ursprüngliche Oel.

Dieser Werth zeigt mit dem oben gefundenen von 19,40 % genügende Uebereinstimmung.

---

4. Einige Verbesserungsvorschläge in der Konstruktion und Handhabung des Penskyschen Flammpunktprüfers für hochsiedende Mineralöle.

In der neueren Fachliteratur ist mehrfach als Uebelstand des Penskyschen Flammpunktprüfers mit Rührwerk das zuweilen vorzeitig, d. h. vor dem Aufflammen der Dämpfe, eintretende Verlöschen des Zündflämmchens hervorgehoben worden[1]). Bei den zahlreichen in der Versuchsanstalt ausgeführten Prüfungen von Mineralschmierölen trat dieser Uebelstand verhältnißmäßig so selten auf, daß zu seiner Beseitigung nur wiederholtes Anzünden des Zündflämmchens mit Gasflamme oder Zündholz vorkommenden Falls als ausreichend erachtet wurde. In anderen Instituten, welche ebenfalls über umfangreichere Erfahrungen mit dem Penskyschen Apparat verfügen, ist, wie Anfragen seitens der Versuchsanstalt ergeben haben, das frühzeitige Verlöschen des Flämmchens überhaupt nicht oder wenigstens nicht in irgendwie belästigender Weise aufgetreten.

Um nun dem fraglichen Uebelstand, welcher seine Ursache in Schwankungen des Gasdrucks oder ungenügender Intensität des Zündflämmchens gegenüber dem beim Eintauchen erzeugten Luftzug ꝛc. haben kann, ein für alle Mal zu begegnen, braucht man nur neben dem beweglichen Zündflämmchen, wie Lichtbild Fig. 1 zeigt, ein stehendes Zündflämmchen a an-

---

[1]) Hirsch u. Wischin, „Oesterr. Chem. u. Technikerzeitg." 1894, Nr. 20; 1895, Nr. 10.

zubringen. Beide Zündflämmchen werden gemeinschaftlich durch eine Gabelrohrleitung von demselben Gashahn gespeist. Diese, gewiß auch schon hie und da von Anderen benutzte Vorkehrung hat sich seit längerer Zeit bei den Arbeiten in der Versuchsanstalt als zweckmäßig erwiesen[1]). Wo kein Gas zur Verfügung steht, müssen selbstverständlich Oelflämmchen die Gasflämmchen ersetzen. Zur Vermeidung des Anlegens der Gaszuführungsschläuche an den heißen Messingmantel des Erhitzungskörpers sind, wie Fig. 1 zeigt, die Gaszuführungsröhrchen zu beiden Zündflämmchen mehrere Centimeter über den Mantel hinaus in horizontaler Richtung geführt und dann vertikal mit den Schlauchansatzenden nach unten gebogen.

Fig. 1.

Von manchen mit dem Penskyschen Apparat arbeitenden Interessenten werden zuweilen Zweifel geäußert, welche Erscheinung den Entflammungsvorgang sicher anzeige, daher sei hier nochmals hervorgehoben, daß das Entflammen in einer plötzlichen Ausbreitung des Zündflämmchens in dem dunklen Dampfraum besteht. Dieser Art des Aufflammens geht meistens ein kurzes Aufflackern voraus; dem Aufflammen folgt zuweilen vollständiges Verlöschen des Zündflämmchens. Kurz nach dem Aufflammen braucht sich dieses beim Wiedereintauchen des Zündflämmchens nicht zu wiederholen, da sich erst wieder durch weiteres Erwärmen neue entflammbare Dampfmengen ansammeln müssen. Die Entflammungserscheinung ist am sichersten an einem Experimentirplatz mit gedämpfter Beleuchtung zu beobachten, wo möglichst wenig direktes Licht vom Fenster hingelangt. Unter Umständen ist die Aufstellung eines dunklen Schirmes neben dem Apparat zweckmäßig, wenn die Beleuchtung des Experimentirplatzes nicht genügend gedämpft werden kann.

Von manchen Seiten ist der Wunsch geäußert worden, die bisherige mit der Hand zu bewegende Rührvorrichtung durch ein automatisch wirkendes Rührwerk zu ersetzen. Von einer Aenderung in diesem Sinne ist seitens der Versuchsanstalt bislang Abstand genommen worden, weil die hierbei nicht zu umgehende Komplizirung der Konstruktion nicht im Verhältniß stehen würde zu der für den Beobachter erzielten Bequemlichkeit. Es muß daher den einzelnen Interessenten überlassen bleiben, sich je nach Bedürfniß eine automatisch wirkende Rührvorrichtung, z. B. mittelst Turbine, anbringen zu lassen.

Ein anderer eher der Abhülfe bedürftiger Uebelstand des Penskyschen Apparates besteht darin, daß sehr hoch (zwischen 240 und 300 C[9]) entflammbare Cylinderöle bisweilen bei

[1]) Nach Schluß dieser Arbeit ging ein Prospekt der Firma Sommer u. Runge ein, in welchem gleichfalls die Anbringung eines besonderen Stichflämmchens an dem Penskyschen Apparate empfohlen wird, um dem lästigen Auslöschen der Zündflamme zu begegnen.

hoher Erhitzung über das Oelgefäß an den Wandungen entlang überkriechen (nicht mit Schäumen zu verwechseln) und dadurch die Reinigung des Apparates nach den Versuchen etwas erschweren. Die Genauigkeit der Ergebnisse wird durch den fraglichen Mangel übrigens ebenso wenig, wie durch das oben besprochene Verlöschen des Zündflämmchens in Frage gestellt. Herr Dr. Stockmeyer erblickt die Ursache des Ueberkriechens der Cylinderöle, wie er der Versuchsanstalt brieflich mittheilte, in einem Gehalt der Oele an Leimbestandtheilen, herrührend von schlecht geleimten Fässern.

Man kann nun dem Ueberkriechen, wie eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Oelen gezeigt haben, am wirksamsten dadurch begegnen, daß man sämmtliche Oele, seien es Cylinderöle, Maschinenöle oder Spindelöle ꝛc., ein für alle Mal etwa 4 mm tiefer einfüllt. Um diesen Betrag kann also bei neu anzufertigenden Apparaten die Auffüllmarke niedriger angebracht werden. Gegen eine Abänderung des Oelgefäßes im vorstehenden Sinne liegen um so weniger Bedenken vor, als die fragliche Aenderung, wie die vergleichenden Untersuchungen der Versuchsanstalt über den Einfluß der Auffüllhöhe[1]) ergeben haben, das Ergebniß der Flammpunktsbestimmung nicht verändern würde.

An manchen Prüfungsstellen wird die Thermometerkorrektur für die Abkühlung des aus dem Oel herausragenden Quecksilberfadens ganz vernachlässigt. Hierdurch können in den Angaben über Flammpunkte an den verschiedenen Prüfungsstellen erhebliche Unterschiede, bei sehr hochentflammbaren Oelen z. B. bis zu 6 C°, für die gleichen Oelsorten veranlaßt werden. Es empfiehlt sich daher entweder allgemein, dem Gebrauche der Versuchsanstalt entsprechend, die Flammpunkte korrigirt anzugeben oder, falls unkorrigirte Angaben vorliegen, dies besonders hervorzuheben.

Hinsichtlich der Art der Erwärmung und Schnelligkeit des Rührens bei der Flammpunktsbestimmung ist in Ergänzung der bisherigen Vorschriften zu empfehlen, unter lebhaftem Rühren die Wärme etwa 6—9 C° in der Minute ansteigen zu lassen. Die äußerste Grenze, bei der unter sehr lebhaftem Rühren noch richtige Zahlen erhalten werden, ist, wie früher hervorgehoben wurde, 12 C°. Die Gefahr der Ueberhitzung bei etwas verlangsamtem Rühren ist indessen am geringsten, wenn der angegebene Wärmeanstieg von 6—9 C° in der Minute inne gehalten wird. Noch langsameres Erhitzen ist wegen zu großer Verzögerung der Versuche zu vermeiden.

Ein von manchen gegen die Zuverlässigkeit der Flammpunktbestimmungen im Penskyschen Apparat ausgesprochenes Bedenken stützt sich auf die Meinung, daß durch verschieden frühzeitiges Eintauchen des Zündflämmchens in den Dampfraum bei mehreren Versuchen mit demselben Oele ungleichartige Gasansammlung und verschieden hohes Entflammen herbeigeführt werden kann.

Diese Vermuthung hat sich, wie man auch bei der spezifischen Schwere der Mineralschmieröldämpfe und dem geringen Einflusse des Luftzuges beim Penskyschen Apparate von vornherein annehmen kann, bei vergleichenden Versuchen als nicht gerechtfertigt erwiesen.

Die unter verschiedenen Anfangspunkten des Eintauchens (oft bis 60 C° differirend) der Zündflamme vorgenommenen Versuche ergaben für je gleiche Oele bei Kontrolversuchen die gewöhnliche Uebereinstimmung in den Versuchen. Die Unterschiede in den einzelnen Flammpunkten betrugen bei gleichen Oelen verschieden hoher Entflammbarkeit 0 bis 2 C°, ausnahmsweise 3 C°.

---

[1]) „Mittheilungen“ 1889, S. 75. „Dinglers polyt. Journ.“ 1895, Bd. 295, S. 189.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß es sich in Rücksicht auf die oft hohe Erhitzung des Apparates empfiehlt, die Thermometertüllen im Deckel des Gefäßes entweder einzunieten oder hart zu löthen; bei Weichlöthung kann leicht Abschmelzen eintreten.

---

5. Vereinfachung der Flüssigkeitgradbestimmung mit dem Englerschen Viskosimeter.

Wie in dem Bericht des Verfassers über vergleichende Schmierölunterſuchungen[1]) theils ausführlich, theils andeutungsweise gezeigt worden, ist im Laufe der letzten Jahre bei den Arbeiten mit dem Englerschen Apparat in der Versuchsanstalt eine Reihe von Fortschritten in Bezug auf Handhabung und Genauigkeit des Apparates erzielt worden.

Die bisher nur kurz angedeuteten Verbesserungen mögen im Nachstehenden ausführlicher besprochen werden; sie erstrecken sich

1. auf eine sehr erhebliche Abkürzung der Versuchsdauer bei allen Oelen, welche unter gewöhnlichen Umständen auf dem Apparat wenigstens 5 Minuten Ausflußzeit für 200 ccm beim Versuch beanspruchen;
2. auf die Möglichkeit, Oele bei sehr hohen Wärmegraden (100—200 C°) mit Bequemlichkeit und Genauigkeit unter Benutzung eines Dampfbades zu prüfen.

1. Abkürzung der Versuche.

Wie aus zahlreichen Angaben in der Literatur zu ersehen ist, wird die ungemein lange Versuchsdauer, welche die Untersuchung sehr zähflüssiger Oele auf dem Englerschen Apparat erfordert, als ein Hauptübelstand des Apparates empfunden. Um diesem Mangel zu begegnen, wurden nun Versuche darüber angestellt, in wie weit die Ausflußzeiten kleinerer Oelmengen auf dem Apparat den gewöhnlich festgestellten Ausflußzeiten von 200 ccm Oel proportional waren. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den Tab. 1 und 2 mitgetheilt und zeigen, daß zwischen den Ausflußzeiten von 50, 100 und 200 ccm Oel innerhalb der hinzugezogenen Zähflüssigkeitgrenzen (5 bis 220 Min. Ausflußzeit von 200 ccm Oel) der Oele eine genaue Proportionalität besteht.

Hiernach kann man aus den Ausflußzeiten von 50 bezw. 100 ccm Oel die Ausflußzeiten von 200 ccm Oel berechnen, indem man

die Außflußzeiten von 50 ccm mit 5,
die Außflußzeiten von 100 ccm mit 2,35 multiplizirt.

Aus den so erhaltenen Ausflußzeiten von 200 ccm werden in üblicher Weise durch Division mit dem Wasserwerth des Apparates die Flüssigkeitgrade berechnet. Wie aus den in den Tabellen mit angeführten Flüssigkeitgraden hervorgeht, gelangt man mittelst der verkürzten Flüssigkeitgradbestimmung zu genauen Zahlen, welche den unter gewöhnlichen Umständen erhaltenen Flüssigkeitgraden vollständig gleichwerthig sind.

Von einem einzigen mit + 1,5 % Fehler behafteten Versuche abgesehen, betrug der Fehler der verkürzten Flüssigkeitgradbestimmung gegenüber der üblichen Bestimmung bei 50 Versuchen im Maximum ± 1 %. In der Regel sind die Fehler wesentlich niedriger. Diese Thatsache ist inzwischen bei umfangreichen Versuchsreihen im Laufe von 10 Monaten bestätigt worden, wobei wie bei den früheren Versuchen Oele verschiedener Zähflüssigkeit von

---

[1]) „Mittheilungen" 1895, Ergänzungsheft.

Tabelle 1. Vergleichende Uebersicht über die Flüssigkeitgradbestimmungen im Englerschen Apparat unter Bestimmung der Ausflußzeit von je 50, 100 und 200 ccm Oel.

Lfd. Nr.	Wärmegrad beim Versuch	Ausflußzeiten in Sekunden			Quotient, Sekunden		Flüssigkeitgrad, berechnet			Prozentische Differenz der Flüssigkeitgrade, berechnet aus den Ausflußzeiten von		Bemerkungen
		für 50 ccm	für 100 ccm	für 200 ccm	200 ccm / 50 ccm × 100	200 ccm / 100 ccm × 100	wie gewöhnlich aus Ausflußzeit von 200 ccm	aus Ausflußzeit von 50 ccm durch Multiplikation mit 5,0	aus Ausflußzeit von 100 ccm durch Multiplikation mit 2,35	50 ccm gegenüber den normalen Werthen	100 ccm gegenüber den normalen Werthen	
1	20	566	1209	2856	505	236	55,5	55,0	55,2	— 0,9	— 0,4	
2	50	122	260	607	498	233	11,79	11,84	11,86	+ 0,4	+ 0,6	
3	20	434	927	2186	504	236	42,9	42,6	42,8	— 0,7	— 0,2	
4	20	583	1235	2891	496	234	56,1	56,6	56,4	+ 0,9	+ 0,5	
5	20	557	1185	2777	499	234	54,3	54,5	54,5	+ 0,4	+ 0,4	
6	20	337	716	1682	499	235	32,7	32,7	32,7	0	0	
7	70	104	220	518	498	235	10,17	10,21	10,15	+ 0,4	— 0,2	
8	70	88	186	437	497	235	8,49	8,54	8,49	+ 0,6	0	
9	70	109	230	546	501	237	10,68	10,67	10,58	— 0,1	— 0,9	
10	20	419	910	2115	505	231	41,1	40,7	41,5	+ 1,0	+ 1,0	
11	20	873	1874	4406	505	235	85,6	84,8	85,5	+ 0,9	— 0,1	
12	20	891	1904	4475	502	235	86,9	86,5	86,9	+ 0,5	0	
13	20	2595	5540	(13200)*	(509)	(238)	(258,8)	254,4	255,3	(+ 1,7)	(+ 1,4)	
14	20	573	1217	2864	500	235	55,6	55,6	55,5	0	— 0,2	
15	20	401	848	2001	499	236	38,9	38,9	38,7	0	— 0,5	
16	20	620	1324	3123	504	236	60,6	60,2	60,4	— 0,7	— 0,3	
17	20	541	1151	2718	502	236	52,8	52,5	52,5	— 0,6	— 0,6	
18	20	134	285	670	500	235	13,01	13,01	13,00	0	— 0,1	

* Zahl ungenau, weil die Uhr erst einige Minuten zu spät abgelesen und dafür ungefähr die Korrektur angebracht wurde.

Tabelle 2. Vergleichende Uebersicht über die Flüssigkeitgradbestimmungen im Englerschen Apparat unter Bestimmung der Ausflußzeit von je 100 und 200 ccm Oel.

Lfd. Nr.	Wärmegrad beim Versuch	Ausflußzeiten in Sekunden		Quotient, Sek. 200 ccm / 100 ccm × 100	Flüssigkeitgrad, berechnet		Prozentische Differenz der Flüssigkeitgrade, berechnet aus den Ausflußzeiten von 100 ccm gegenüber den normalen Werthen	Bemerkungen
		für 100 ccm	für 200 ccm		wie gewöhnlich aus Ausflußzeit von 200 ccm	aus Ausflußzeit von 100 ccm durch Multiplikation mit 2,35		
1	50	186,5	436	234	8,47	8,50	+ 0,4	
2	50	134	312	233	6,12	6,18	+ 1,0	
3	50	259	605	234	11,75	11,82	+ 0,6	
4	50	246,5	579	235	11,24	11,24	0	
5	50	259	607	234	11,79	11,83	+ 0,3	
6	50	274	634	231	12,31	12,50	+ 1,5	
7	50	247	576	233	11,18	11,26	+ 0,7	
8	50	253	593	234	11,51	11,55	+ 0,3	
9	50	253,5	595	235	11,55	11,57	+ 0,2	
10	50	258	606	235	11,77	11,77	0	
11	20	303	708	234	13,74	13,83	+ 0,7	
12	20	302	707	234	13,73	13,79	+ 0,4	
13	20	1193	2804	235	55,03	55,03	0	
14	50	188	440	234	8,64	8,68	+ 0,5	
15	20	1289	3028	235	59,26	59,28	0	
16	50	193	450	233	8,81	8,88	+ 0,8	

5 Minuten Ausflußzeit an für 200 ccm Oel untersucht wurden. Daher liegt kein Bedenken vor, für solche zähflüssigen Oele, zu denen z. B. alle Eisenbahnöle zu rechnen sind, die vorgeschlagene abgekürzte Versuchsausführung zu benutzen, falls nicht vertragsmäßig die übliche Versuchsausführung festgesetzt ist.

Oele, von denen 200 ccm weniger als 3 Minuten fließen, sind von dem abgekürzten Verfahren auszuschließen, weil die für zähflüssigere Oele geltende gleiche gesetzmäßige Beziehung zwischen der Ausflußzeit von 50, 100 und 200 ccm Oel hier nicht mehr besteht.

Um Irrthümern vorzubeugen, sei bemerkt, daß selbstredend für die Beurtheilung der Brauchbarkeit einer Probe zu einem abgekürzten Versuch nur die Ausflußzeit von 200 ccm Oel bei der in Frage kommenden Versuchswärme in Betracht kommt; es kann daher ein Oel, welches bei 20 C° noch 5 oder 10 Minuten fließt und für den abgekürzten Versuch zu benutzen ist, bei 50 C°, wo es wesentlich dünnflüssiger ist, nicht mehr für den abgekürzten Versuch brauchbar sein. Im Uebrigen ist ja das Bedürfniß, Oele von kurzer Ausflußzeit nach dem abgekürzten Verfahren zu prüfen, natürlich nur ein geringes.

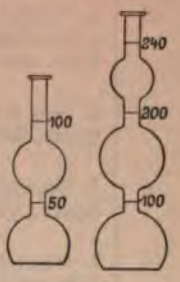


Fig. 2.

Bei den amtlichen Prüfungen, wo die übliche Bestimmung mit 200 ccm Oel nach den bisherigen Festsetzungen in den Lieferungsverträgen ꝛc. dem Sinne der Anträge entspricht, wurden die verkürzten Versuche nur zur Kontrole der in üblicher Weise ausgeführten Versuche benutzt. Hierbei gelangten die nebenan skizzirten Meßkolben zur Anwendung.

Im Interesse einer kürzeren Erledigungsfrist bei der technischen Prüfung von Oelen dürfte es nach obigen Mittheilungen empfehlenswerth sein, in die Lieferungsverträge ꝛc. die Bestimmung aufzunehmen,

> „daß die Versuche auf dem Englerschen Apparat auch unter Bestimmung der Ausflußzeit von 50 oder 100 ccm Oel ausgeführt werden können, wobei die übliche Ausflußzeit von 200 ccm Oel durch Multiplikation der Ausflußzeit von 50 ccm mit 5,0 und derjenigen von 100 ccm mit 2,35 erhalten wird. Voraussetzung ist, daß 200 ccm des Oeles bei der Versuchswärme wenigstens 5 Minuten Ausflußzeit beanspruchen würden."

---

6. Die Flüssigkeitgradbestimmung mit dem Englerschen Viskosimeter bei hohen Wärmegraden, sowie vergleichende Uebersicht über die Flüssigkeitgrade der Dampfcylinderöle.

Die Versuche mit dem Englerschen Apparat bei sehr hohen Wärmegraden (100 bis 200 C°) hatten bislang folgende Mängel:

1. Die Schwierigkeit, die Wärme des Versuchsöles durch die Oelbadwärme bequem gleichbleibend zu halten und schnell hoch zu bringen.
2. Die Belästigung des Beobachters durch die Dämpfe des Oelbades und die nicht zu vermeidende fortgesetzte Beschmutzung des Apparates durch das Oelbad.
3. Die durch die Weichlöthung des Apparates bedingte Unmöglichkeit, Versuche über 160 C° ohne Gefahr für den Apparat auszuführen.

Den vorstehenden Mängeln wurde nun durch Anfertigung eines hartgelötheten Apparates mit Dampfbad nach nachstehender Skizze (S. 284) abgeholfen. Der Apparat wird selbstredend nur für Versuche bei hohen Wärmegraden benutzt (100, 180° oder 200°), während für die

Tabelle 3. Flüssigkeitgrade (Fe) bei 100 und 180 C°

Nr. des Oeles	Aeußere Erscheinung im Reagensglase bei Zimmerwärme 1. Konsistenz. 2. Farbe, a) auffallend Licht, b) durchfallend Licht. 3. Fluorescenz. 4. Durchsicht (R = Reagensglas, Sch = in dünner Schicht.) 5. Geruch.	Spezifisches Gewicht bei 20 C°, bezogen auf Wasser von 4 C°	Flammpunkt	Fe bei 50 C°, bezogen auf Wasser von 20 C°=1
1	1. Schwer fließend; 2. braunroth; 3. vorhanden, grünlich blauer Schimmer; 4. R getrübt, Sch viel feste Theilchen; 5. schwach nach Mineralöl.	0,9067	199	12,2
2	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R schwach durchscheinend, Sch keine festen Bestandtheile erkennbar; 5. schwach.	0,8859	236	12,6
3	1. Schwer fließend; 2. a) bläulich, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R sehr schwach, trübe durchscheinend bis durchsichtig, Sch feine feste Bestandtheile erkennbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,9064	194	13,5
4	1. Nicht fließend, dünnsalbig; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R schwach durchscheinend; 5. schwach nach Knochenfett.	0,8833	236	14,0
5	1. Bequem fließend; 2. a) dunkelgrün, b) dunkelbraunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R schwach durchscheinend, Sch keine festen Bestandtheile erkennbar; 5. schwach.	0,8840	242	14,8
6	1. Schwerflüssig; 2. a) grünlich, b) blutroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R trübe durchscheinend, Sch feine feste Theilchen bemerkbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8841	248	18,5
7	1. Nicht fließend, dünnsalbig; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. trübe, schwach durchscheinend; 5. nicht wahrnehmbar.	0,8870	262	19,7
8	1. Nicht fließend, dünnsalbig; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. sehr schwach durchscheinend; 5. sehr schwach nach Knochenfett.	0,8879	260	20,0
9	1. Nicht fließend, dünnsalbig; 2. a) graugrün, b) schmutzig röthlichbraun; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. äußerst schwach durchscheinend; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,9124	225	20,7
10	1. Sehr schwer fließend; 2. a) graugrün, b) vorhanden, grüner Schimmer; 4. R undurchsichtig, Sch paraffinartige Theile bemerkbar; 5. schwach nach Mineralöl.	—	—	21,2
11	1. Nicht fließend; 2. a) graugrün, b) roth; 3. vorhanden; 4. R schwach durchscheinend, Sch feste Theilchen bemerkbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8853	257	21,8
12	1. Nicht fließend; 2. a) graugrün, b) roth; 3. vorhanden; 4. R schwach durchscheinend, Sch feste Theilchen bemerkbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8853	264	21,9
13	1. Sehr schwer fließend; 2. a) graugrün, b) blutroth; 3. vorhanden, blaugrüner Schimmer; 4. R durchscheinend, Sch feste Theilchen bemerkbar; 5. nicht bemerkbar.	0,9119	247	24,3
14	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) roth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R schwach durchscheinend, Sch paraffinartige Theile bemerkbar; 5. schwach nach Mineralöl.	—	—	26,4
15	1. Sehr schwer fließend; 2. grünschwarz; 3) nicht bemerkbar; 4. R undurchsichtig, Sch feste Theilchen bemerkbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8932	279	27,6
16	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) blutroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R klar durchscheinend, Sch paraffinartige Theile bemerkbar; 5. schwach nach Knochenöl.	—	—	28,4
17	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R klar durchscheinend bis durchsichtig, Sch feine feste Bestandtheile erkennbar; 5. äußerst schwach nach Mineralöl.	0,8879	279	31,9

[1]) Die Versuche bei 175 bis 176,5 wurden unter Anwendung eines Allihnschen Kühlers, die Versuche bei 180 C° unter

und sonstige Eigenschaften von Dampfcylinderölen.

Bei 100 C°			Bei etwa 180 C°				Verseifbares Fett ist	Säuregehalt % SO_3	Herkunft am. = amerikanisch ruf. = russisch	Sonstige Bemerkungen
Ausflußzeiten in Sekund.	Mittel	Fe bezogen auf Wasser von 20 C° = 1	genauere Angabe der Wärme in C° [1])	Ausflußzeiten in Sekunden	Mittel	Fe bezogen auf Wasser von 20 C° = 1				
109 109	109	2,14	176,5	61,0 61,4	61,2	1,21	nicht zugegen	0,007	ruf.	
133 132	132,5	2,57	176,5	66,5 66,5	66,5	1,33	zugegen	0,01	am.	
—	—	2,6	180	61,0 [2]) 60,6	60,8	1,21	nicht zugegen	säurefrei	ruf.	
—	—	2,7	180	65,5 65,5	65,5	1,31	zugegen	säurefrei	am.	
137,5 139,0	138,3	2,71	176,5	67,2 66,8	67,0	1,33	zugegen	säurefrei	am.	
157 157	157	3,08	176,5	70 70	70	1,39	zugegen	säurefrei	am.	
160 163	161,5	3,17	180	69,5 69,6	69,6	1,39	zugegen	säurefrei	am.	
—	—	3,5	180	69,0 69,4	69,2	1,38	zugegen	säurefrei	am.	
—	—	3,0	180	66,5 66,6	66,6	1,33	nicht zugegen	säurefrei	ruf.	
173 173	173	3,39	176,5	71,5 71,8	71,7	1,42	zugegen	0,003	—	
175 175	175	3,42	176,5	70,4 70,4	70,4	1,41	nicht zugegen	säurefrei	am.	
175,5 174,5	175	3,40	176,5	71,5 71,4	71,5	1,43	nicht zugegen	säurefrei	am.	
159 158	158,5	3,09	176,5	67,0 67,5	67,3	1,34	nicht zugegen	säurefrei	ruf.	
204 205	204,5	3,97	176,5	75,0 75,0	75,0	1,49	nicht zugegen	säurefrei	—	
198 198	198,0	3,89	176,5	73,8 73,8	73,8	1,47	nicht zugegen	säurefrei	am.	
194 193	193,5	3,76	175	75,0 75,4	75,2	1,49	zugegen	0,012	—	
217 221	219	4,29	180	72,2 73,0	72,6	1,45	nicht zugegen	säurefrei	am.	

[2]) Benutzung eines Dephlegmators angestellt

Nr. des Oeles	Aeußere Erscheinung im Reagensglase bei Zimmerwärme 1. Konsistenz. 2. Farbe, a) auffallend Licht, b) durchfallend Licht. 3. Fluorescenz. 4. Durchsicht (R = Reagensglas, Sch = in dünner Schicht.) 5. Geruch.	Spezifisches Gewicht bei 20 C°, bezogen auf Wasser von 4 C°	Flammpunkt	Fe bei 50 C°, bezogen auf Wasser von 20 C°=1
18	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R klar durchscheinend bis durchsichtig, Sch feine feste Bestandtheile erkennbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8884	281	32,2
19	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) braunroth; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R schwach getrübt, durchscheinend, Sch feine feste Bestandtheile erkennbar; 5. äußerst schwach nach Mineralöl.	0,8889	278	33,2
20	1. Schwer fließend; 2. a) graugrün, b) blutroth; 3. vorhanden, blaugrüner Schimmer; 4. durchscheinend bis klar; 5. nach Mineralöl.	0,8876	273	36,8
21	1. Schwer fließend; 2. a) dunkel graugrün, in dünner Schicht braun; 3. vorhanden, grüner Schimmer; 4. R undurchsichtig, Sch keine festen Bestandtheile bemerkbar; 5. sehr schwach nach Mineralöl.	0,8936	etwa 296	42,2
22	1. Eben noch fließend; 2. schwarzbraun; 3. nicht bemerkbar; 4. R undurchsichtig, Sch feste Theilchen bemerkbar; 5. schwach theerig.	0,9285	224	69,8
23	1. Sehr schwer flüssig, fadenziehend; 2. gelb, in breiterer Schicht hellbraun; 3. vorhanden, blaugrüner Schimmer; 4. fast völlig klar, sehr geringe Mengen suspendirter fester Theile bemerkbar; 5. schwach nach reinem Mineralöl.	0,9083	198	103,0
24	1. Schwer flüssig; 2. grünschwarz; 3. nicht bemerkbar; 4. undurchsichtig; 5. schwach nach Mineralöl.	0,9087	167 Offener Tiegel	7,3 bei 20 C° 44,2
25	1. Schwer flüssig; 2. grünschwarz; 3. nicht bemerkbar; 4. undurchsichtig; 5. sehr schwach brenzlich.	0,9074	164 Offener Tiegel	7,8 bei 20 C° 52,1
26	1. Leicht flüssig; 2. gelb; 3. nicht vorhanden; 4. klar; 5. schwach nach raffinirtem Rüböl.	0,9104	—	—
27	1. Leicht flüssig; 2. gelb; 3. nicht vorhanden; 4. klar; 5. nach rohem Rüböl.	0,9108	—	—

Versuche unter 100° der gewöhnliche mit Wasserbad versehene Apparat, bezw. die Vereinigung von vier solchen Apparaten in einem einzigen Wasserbade nach Martens, wie solche früher beschrieben wurden[1]), benutzt wird. Letztere Vorrichtung kann auch bequem für Versuche bei 100 C° benutzt werden, wenn auf eine der Tüllen im Bade ein oben spitz auslaufender Dephlegmator gesetzt und die übrigen Tüllen verschlossen werden. Das Wasserbad wird alsdann einfach zum Kochen erhitzt, wodurch in kurzer Zeit im Oel eine konstante Wärme von 99,6 bis 99,8 C° zu erreichen ist. Durch Verengung der Spitze am Dephlegmator und dadurch bedingte Steigerung des Dampfdruckes kann die Wärme schließlich auch auf 100 C° gebracht werden.

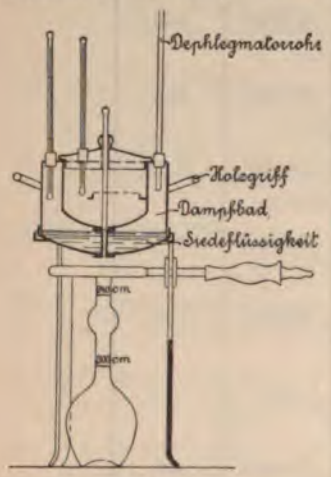


Fig. 3.

Bei den Versuchen mit Anilindampf als Heizmittel zeigte sich, daß bei Anwendung eines Kühlers (es wurde ein Allihnscher Kühler benutzt) die Siedewärme des Anilins im Dampfraum und im Versuchsöl nicht ganz erreicht wurde, während bei Benutzung eines bloßen Dephlegmators die Siedewärme des Anilins (181—184 C°) bequem erreicht wurde, wenn genügend stark mit einem Einbrenner erhitzt wurde. Der Grund für

[1]) „Mittheilungen" 1895, Ergänzungsheft 1, S. 2.

Bei 100 C°			Bei etwa 180 C°				Verseifbares Fett ist	Säuregehalt % SO_3	Herkunft am. = amerikanisch ruf. = russisch	Sonstige Bemerkungen
Ausflußzeiten in Sekund.	Mittel	Fe bezogen auf Wasser von 20 C° = 1	genauere Angabe der Wärme in C°	Ausflußzeiten in Sekunden	Mittel	Fe bezogen auf Wasser von 20 C° = 1				
220 225	222,5	4,32	180	72,9 73,4	73,2	1,46	nicht zugegen	säurefrei	am.	
222 228	225	4,37	180	73,2 73,4	73,3	1,46	nicht zugegen	säurefrei	am.	
209 206	208	4,04	176,5	72,8 73,0	72,9	1,46	nicht zugegen	säurefrei	am.	
274,5 273,0	273,8	5,37	176,5	82,4 82,8	82,6	1,64	nicht zugegen	säurefrei	am.	
297 294	296	5,75	176,5	77,4 77,6	77,5	1,55	nicht zugegen	0,005	ruf.	
—	—	25,1	180	Ausflußzeit fiel bei 6 Versuchen von 115,8 bis 86 Sek.	—	—	zugegen	0,18	?	
—	—	—	180	57,3 57,4	57,4	1,15	nicht zugegen	0,16	—	Mineralwinteröl
—	—	—	180	58,0 57,7	57,9	1,16	nicht zugegen	0,11	—	Mineralsommeröl
—	—	—	180	62,4 62,0	62,2	1,24	zugegen	0,61	—	Raffinirtes Rüböl
—	—	—	180	63,4 62,3	62,9	1,26	zugegen	0,12	—	Rohes Rüböl

erstere Erscheinung dürfte wohl darin zu suchen sein, daß durch die Wasserkühlung des Kühlers zu stark gekühltes Anilin in das kochende Anilin gelangte und letztere, fortgesetzt erheblich abgekühlte Flüssigkeit beim Kochen in den Dampfraum mechanisch mitgerissen wurde. Jetzt wird nur noch mit Dephlegmator gearbeitet und das Anilin im mäßigen Sieden erhalten, wobei das Oel bald eine völlig konstante Wärme von 180 C° annimmt.

Sollen die Versuche bei 200 C° ausgeführt werden, so muß Naphtalin benutzt werden.

Die Versuche in Tab. 3, welche gleichzeitig eine Uebersicht über die Eigenschaften handelsüblicher Cylinderöle darbieten soll, zeigen, daß man unter Benutzung des Dampfbades bei 180 C° zu sehr genauen Werthen gelangt. Die Uebereinstimmung der Einzelausflußversuche bei je gleichen Oelen war eine fast absolute; daß die zweiten Versuche fast durchweg um wenige Zehntel Sekunden höher ausfielen wie die ersten, darf nicht verwundern, da die Oele bei den ersten Versuchen durch die unvermeidlichen geringen Verdampfungen leichtflüchtigerer Kohlenwasserstoffe etwas dickflüssiger werden.

Die oben erwähnten Uebelstände des bisherigen Apparates sind bei der beschriebenen Anordnung der Versuche gänzlich vermieden.

Zu empfehlen ist, wie dies auch bei dem hier benutzten Apparate innegehalten ist, den Deckelgriff aus Holz zu fertigen und zwei seitliche Holzgriffe als Handhabe des Apparates anzubringen.

Wie sich aus der vergleichenden Uebersicht über die Eigenschaften typischer Mineralcylinderöle 1—23 in Tab. 3 ergiebt, findet bei den Oelen gleichen Produktionsgebietes — in Frage kommen hier Amerika und Rußland — im Allgemeinen mit steigendem Entflammungspunkt auch ein Dickflüssigerwerden der Oele bei 50 C°, 100 C° und 180 C° statt, indessen finden sich auch, wie dies nicht anders zu erwarten ist, eine Anzahl von Abweichungen von dieser Regel. Während sich ferner die verschiedenen Oele, von dem eigenartig hergestellten Oel Nr. 23 abgesehen, bei 50 C° außerordentlich in der Zähflüssigkeit unterscheiden, treten diese Unterschiede bei 100 C° erheblich, bei 180 C° derartig zurück, daß eine Reihe von in der Zähflüssigkeit bei 50 C° sehr verschiedenen Oelen keine in Betracht fallende Verschiedenheit in ihrer Zähflüssigkeit bei 180 C° mehr aufweisen. Die meisten der besseren zwischen 225 und 280 C° entflammenden Oele zeigen nur noch die $1^1/_3$ bis $1^1/_2$fache Zähflüssigkeit des Wassers. Nur bei wenigen Oelen mit sehr großen Unterschieden der Flüssigkeitgrade bei 50 C° (bis 70, auf Wasser von 20 C° bezogen) sind in den Zähflüssigkeiten bei 180 C° noch merklichere Unterschiede vorhanden.

Von den untersuchten 23 Marken entflammen nur 3 unter 225 C°, nämlich zwischen 194 und 199. Von letzteren geht bei zweien die Viskosität bei 180 C° unter 1,3, während bei allen übrigen, wie oben bemerkt, der Flüssigkeitgrad höher liegt.

Bei den Oelen russischer Herkunft liegen die Entflammungspunkte zwischen 194 und 247 C° im Mittel bei etwa 220 C°, bei den Oelen amerikanischer Herkunft zwischen 236 und 296 C° im Mittel bei 265 C°. Die spezifischen Gewichte bei 20 C° liegen bei den russischen Oelen zwischen 0,906 und 0,929, bei den amerikanischen zwischen 0,883 und 0,893. Einzelne Cylinderöle enthalten geringe Mengen fettes Oel, meistens wird hierzu Klauenfett oder Knochenöl verwendet. Unter Hinzuziehung der früheren Feststellungen von Ruhemann[1]) können die bisher aufgefundenen Mengen verseifbares Fett in handelsüblichen Mineraldampfcylinderölen zu $^1/_2$ bis 12 % angenommen werden.

In Bezug auf den Säuregehalt entsprechen die Oele weitgehenden Anforderungen, d. h. sie sind entweder ganz säurefrei oder enthalten Spuren von freier Säure, welche alsdann gewöhnlich von freier Fettsäure des zugesetzten verseifbaren Fettes herrührt. Zusätze von Kolophonium oder anderen in 70prozentigem Alkohol löslichen Harzen konnten in keinem Falle bemerkt werden. Sämmtliche Cylinderöle geben an 70prozentigen Alkohol nur Spuren öliger oder klebriger Stoffe ab.

In den letzten Jahren werden im Eisenbahnbetriebe sehr viel Mischungen von Eisenbahnwagenschmierölen, d. h. schwarzen, schwerflüssigen Mineralschmierölen von niedriger Entflammbarkeit (zwischen 160 C° und 180 C° im offenen Tiegel), mit rohem Rüböl zur Dampfcylinderschmierung benutzt. Der Rübölzusatz dient offenbar zur Mäßigung der Verdunstungsfähigkeit und Erhöhung der Zähflüssigkeit des Materials bei sehr hohen Wärmegraden. Es war nun von Interesse, den Flüssigkeitgrad dieser Mineralöle und von rohem Rüböl zum Vergleich heranzuziehen. Gewählt wurden ein Sommeröl (Nr. 25 der Tab. 3), ein Winteröl (Nr. 24 der Tab. 3), ein raffinirtes und ein rohes Rüböl. Es zeigt sich, daß diese Oele (Nr. 24—27 der Tab. 3) bei 180 C° noch bedeutend dünnflüssiger sind, als die eigens zur Cylinderschmierung hergestellten, äußerst schwerflüssigen oder salbenartigen hochentflammbaren Mineralcylinderöle. Die Rüböle sind bei 180 C° etwas dickflüssiger wie die Mineralwagenschmieröle, stehen indessen den meisten der eigentlichen Mineralölcylinderöle in Bezug auf Zähflüssigkeit bei 180 C° nach. Die beiden Mineralöle 24 und 25 (Tab. 3) zeigen bei den

[1]) „Mittheilungen" 1892, S. 306.

Flüssigkeitgradbestimmungen bei 180 C° eine sehr starke Dampfentwickelung, entsprechend ihrem niedrig liegenden Entflammungspunkt; sie sind demnach den gewöhnlichen Cylinderölen in mehrerer Hinsicht nicht gleichwerthig.

---

3. Das Erstarrungsvermögen des Rüböls und anderer fetter vegetabilischer Oele.

Von Dr. D. Holde und Dr. A. Ruhemann.

Die Erstarrungsgrenze der verschiedenen Sorten Rüböl und Rapsöl liegt

nach Benedikt	bei	— 2 bis — 10 C°	für	Colzaöl,
„ Bornemann	„	— 1 „ — 10 „	„	Brassica campestris,
„ Girard P. J. S	„	— 6,3		—
„ Hübl	„	— 4	„	Colzaöl,
„ Schädler	„	— 4 bis — 6	für	Brassica campestris,
		— 8 „ — 10	„	Brassica rapa (Sommer),
		— 4 „ — 7,5	„	Brassica rapa (Winter),
		— 1 „ — 4	„	Brassica napus (Sommer),
		— 1 „ — 3	„	Brassica napus (Winter).

Schwarzsenföl erstarrt nach Chateau bei — 17,5, nach Girard bei — 1 bis 0°; Weißsenföl nach Bornemann bei — 16, nach Schädler bei — 8 bis — 16. Die Versuchsanstalt fand bei verschiedenen Sorten roher und raffinirter Rüböle, daß nach 5stündiger Abkühlung fast alle Oele, wenn sie zeitweise mit Glasstab bewegt wurden, bei — 2 C° ganz oder fast völlig erstarrten, während sie nach 1stündiger Abkühlung auf diesen Wärmegrad klar blieben oder geringe Ausscheidungen zeigen. Ohne Glasstab abgekühlt zeigten mehrere Proben auch bei tieferen Wärmegraden nach 2stündiger Abkühlung klarflüssige Beschaffenheit. Senföl, das nach 5stündiger Abkühlung auf — 5,5 C°, ohne Bewegung durch Glasstab, klarflüssig blieb, zeigte nach $5\frac{1}{2}$stündiger Abkühlung stearinartige Abscheidungen; nach 24stündiger Abkühlung war der größte Theil des Oeles erstarrt. Dasselbe Oel zeigte, mit Glasstab bewegt, bei — 5 C° schon nach $1\frac{1}{2}$stündiger Abkühlung erhebliche Abscheidungen [1]).

Tabelle 1. **Beschaffenheit roher Rüböle bei 0°.**

Nr. der Oele		1	2	3	4	5
Kühldauer in Stunden	2	klar, fließend	—	klar, fließend	—	—
	3	sehr geringe körnige Abscheidungen, fließend	—	sehr geringe talgartige Abscheidungen, fließend	—	—
	4	—	klar, fließend	—	klar, fließend	klar, fließend
	5	stärkere Abscheidungen, fließend	geringe talgartige Abscheidungen, fließend	stärkere Abscheidungen, fließend	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend
	$5\frac{1}{2}$	zum größten Theil talgartig erstarrt	—	zum größten Theil talgartig erstarrt	desgl.	desgl.
	8	völlig talgartig erstarrt	zum größten Theil talgartig erstarrt	völlig talgartig erstarrt	zur Hälfte talgartig erstarrt	zur Hälfte talgartig erstarrt

[1]) „Mittheilungen" 1889, S. 119.

Tabelle 2. **Beschaffenheit roher u**

			Rohe Rüböle								
Nr. der Oele			6			7		8		9	
Nr. des Versuchs			1[1])	2[2])	3[2])	1[1])	2[2])	1[1])	2[2])	1[1])	2[2])
0°	Kühldauer in Stunden	2	—	klar, fließend	—	—	klar, fließend	—	klar, fließend	—	klar
		3 bis 3½	—	desgl.	—	—	desgl.	—	desgl.	—	desgl.
		4 bis 4½	—	desgl.	—	klar, fließend	desgl.	—	desgl.	—	desgl.
		5 bis 5½	klar, fließend	desgl.	klar, fließend	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	sehr geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	klar, fließend	desgl.	—	sehr schwa getrübt, fließend
		7 bis 8	zu etwa ⅓ talgartig erstarrt	desgl.	desgl.	—	starke stearinart. Abscheidungen, fließend	kleine stearinartige Körnchen, fließend	desgl.	klar, fließend	desgl.
		10	—	desgl.	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	—	völlig talgartig erstarrt	—	desgl.	—	desgl.
		1 Tag[3])	—	desgl.	—	—	—	—	zum Theil talgartig erstarrt	—	desgl.
— 3° (September 1895)	Kühldauer in Stunden	2	klar, fließend			klar, fließend		klar, fließend		schwach getrübt, fließend	
		3½	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend			zum größten Theil talgartig erstarrt		geringe stearinartige Abscheidungen, fließend		merklich getrübt, fließend	
		4½	starke stearinartige Abscheidungen, fließend			völlig talgartig erstarrt		sehr starke stearinartige Abscheidungen, fließend		desgl.	
		5½	völlig talgartig erstarrt			—		völlig talgartig erstarrt		desgl.	
										8½ Std. merkliche, 10 St. sehr starke stearinart. Abscheid., fließ.[3])	

Hiernach war es wahrscheinlich, daß mehrere der früheren Befunde einer wesentlich tiefer liegenden Erstarrungsgrenze der Rüböle und Senföle auf ungenügend lange Abkühlung und mangelnde Bewegung während der Abkühlung der untersuchten Proben zurückzuführen waren. Rübölproben, welche bei ganz mäßiger Kälte (wenige Grade unter 0) in die Versuchsanstalt eingeliefert wurden, kamen gewöhnlich in völlig starrem Zustande an, sodaß sie erst nach Aufthauen in den Probeflaschen benutzt werden konnten. Letztere Beobachtung gab Veranlassung, die Rüböle auch noch bei 0° einer thunlichst lange dauernden Abkühlung unter zeitweiser Beobachtung der Beschaffenheit auszusetzen. Sämmtliche Proben wurden in etwa 15 mm weiten Reagensgläsern abgekühlt, in welchen das Oel etwa 3 cm hoch aufgefüllt und von Zeit zu Zeit mit einem darin befindlichen Glasstabe bewegt wurde. Außer den Rübölen wurden noch einige andere fette Oele, deren Reinheit durch geeignete Bezugsquellen und chemische Untersuchung gewährleistet war, näher geprüft.

finirter Rüböle bei 0 und —3 C°.

Raffinirte Rüböle								Bemerkungen
1			2			3		
1[1])	2[2])	3[2])	1[1])	2[2])	3[2])	1[1])	2[2])	
—	klar, fließend	—	—	kaum merklich getrübt, fließend	—	äußerst schwach getrübt, fließ.	—	[1]) Im Februar bei Schneebenutzung; Wärme nicht höher als 0°.
—	desgl.	—	klar, fließend	desgl.	—	desgl.	—	[2]) Im September unter Benutzung von gestoßenem Eis; Wärme 0 bis +0,1 C°, kurze Zeit bis +0,2 C°.
—	desgl.	—	sehr schwach getrübt, fließend	desgl.	—	—	—	
klar, fließend	sehr geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	sehr geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	desgl.	desgl.	kaum merklich getrübt, fließend	—	geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	
—	desgl.	merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend	merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend	sehr geringe stearinartige Abscheidungen, fließend	desgl. 8½ Std. sehr geringe stearinartige Abscheid.	sehr geringe stearinartige Abscheidungen, fließend (7 Std.)	sehr erhebliche stearinartige Abscheidungen, fließend (7 Std.)	
—	desgl.	starke stearinart. Abscheidungen, fließend	—	merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend	merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend	merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend	völlig talgartig erstarrt (8½ Std.)	
—	zum Theil talgartig erstarrt	—	—	fast völlig talgartig erstarrt	—	fast völlig talgartig erstarrt	—	[3]) Wärme der Proben beim Stehen über Nacht im Eis zuletzt bis + 0,6 C° gestiegen.
klar, fließend[4])			äußerst schwach getrübt, fließend			äußerst schwach getrübt, fließend		[4]) Zwei 7 Monate früher geprüfte Proben waren nach je 4½stündiger Abkühlung bei —5 und —8 C° klar, fließend.
ringe stearinartige Abscheidungen, fließend			merkliche stearinartige Abscheidungen, fließend			sehr erhebliche stearinartige Abscheidungen, fließend		
rkliche stearinartige Abscheidungen, fließend			zu etwa ⅓ talgartig erstarrt			talgartig erstarrt		
n größten Theil talgartig erstarrt, 7 Std. völlig talgartig erstarrt			völlig talgartig erstarrt			—		[5]) —5 C°: Nach 4½ Std. zum größeren Theil talgartig erstarrt, nach 5 Std. völlig talgartig erstarrt.

Die in den vorstehenden Tabellen 1 und 2 zusammengestellten Ergebnisse zeigen, daß fast alle Rüböle bereits bei 0° zum Erstarren gebracht werden können und daß deren Uebererkältungsvermögen ein ganz außerordentlich großes ist. Die meisten Oele, welche nach 4stündiger Abkühlung bei 0° noch völlig klarflüssig waren, waren nach 8stündiger Abkühlung bei 0° gänzlich talgartig erstarrt. Bei einzelnen Proben war freilich bei 8stündiger Abkühlung auf 0° noch nicht völliges Erstarren, bei einer Probe (Nr. 4) überhaupt keine Veränderung der klarflüssigen Beschaffenheit zu erzielen.

Ohne Angabe der Zeitdauer und Art der Abkühlung haben Angaben über das Erstarrungsvermögen fetter Oele wenig Werth. Bei Olivenölen ist das Erstarrungsvermögen, entsprechend dem wechselnden Gehalt dieser Oele an Stearin bezw. Palmitin, ziemlich verschieden. Uebererkältungszustände wurden auch hier beobachtet.

Die Versuche mit diesen Oelen und einer Probe Erdnußöl sind in Tab. 3 mitgetheilt.

Tabelle 3. **Beschaffenheit von Olivenölen und Erdnußöl bei 0 bis —8 C°.**

Nr. des Oeles			1	2	3	4	5	Bemerkungen
Bezeichnung durch den Einsender			Olivenöl (Bari)	Olivenöl (Nizza)	Gallipoli-Baumöl	Baumöl (Mogador)	Erdnußöl	
0°	Kühldauer in Stunden	2	am Boden erstarrt[1])	—	—	—	1 Stunde: sehr starke Ausscheidungen, fließend	[1]) Am Tage vorher schon einmal bei 0 C° bis zum theilweisen Erstarren abgekühlte Probe.
		3	etwa zur Hälfte talgartig erstarrt	klar, fließend	—	—	desgl.	
		4	fast völlig talgartig erstarrt	getrübt, fließend	klar, fließend	—	nicht fließend, dünnsalbig	
		5	völlig talgartig erstarrt	stärker getrübt, fließ.	desgl.	klar, fließend	desgl.	
—5C°	Kühldauer in Stunden	2	klar, fließend	—	—	schwach getrübt, fließend	3/4 Stunden: talgartig erstarrt	
		3	sehr geringe feste Abscheidungen	—	—	—	—	
		4	zum größten Theil talgartig erstarrt	sehr schwach getrübt, fließend	klar, fließend	stärker getrübt, fließend	—	
		4 1/2	völlig talgartig erstarrt	schwach getrübt, fließend	desgl.	stark getrübt, fließend[2])	—	[2]) Eine zweite Probe war nach 4 1/2 Std. stark getrübt, fließend; nach 7 u. 10 Std. sehr stark getrübt, fließend.
—8C°	Kühldauer in Stunden	1 1/2	—	klar, fließend	—	getrübt, fließend	—	—
		2	—	kaum merklich getrübt, fließend	—	stark getrübt, eben noch fließend	—	
		3 1/2	—	desgl.	—	nicht fließend, dünnsalbig	—	
		4 1/2	—	stärker getrübt, fließ.	klar, fließend	desgl.	—	

4. Versuche mit Metallcement.

Vom Abtheilungs-Vorsteher Professor M. Rudeloff.

Metallcement ist ein sprödes, hartes und stark schwefelhaltiges Material, über dessen Zusammensetzung und Herstellung nähere Angaben fehlen. Es wird in Form von Platten mit 300 × 300 × 50 mm Kantenlänge durch die Handlung Hauser & Co. in Zürich in den Handel gebracht und soll im geschmolzenen Zustande zum Vergießen von Ankerbolzen in Stein, Mauerwerk und Gußeisen, sowie zum Ausfüllen und Wiederverbinden rissig gewordener Fundamente, Gewölbe und Mauerwerke jeglicher Art verwendet werden, ferner zum Ausbessern schadhafter Gußstücke, zum Untergießen von Maschinengrundplatten und zum Verbinden von Muffenröhren bei Gas- und Wasserleitungen dienen. Als Eigenschaften des Metallcementes, welche ihn für die genannten Verwendungszwecke als besonders geeignet erscheinen lassen sollen,

werden angeführt, daß er bei geringer Hitze einen dünnflüssigen Zustand wie Wasser annimmt, dann in die kleinsten Löcher oder Spalten fließt, sehr schnell unter Ausdehnung erhärtet und nun fest und dauernd an Stein, Mauerwerk, Holz und Metall haftet, sowie der Einwirkung von Feuchtigkeit, Säuren und Oelen vollkommen widersteht.

Im Nachstehenden mögen nun die Ergebnisse von Versuchen besprochen sein, welche im Auftrage der Handlung Hauser & Co. angestellt wurden und welche bezweckten, die vorgenannten Behauptungen zu prüfen und Metallcement mit Portlandcement, Schwefel und Blei hinsichtlich der Verwendbarkeit als Material zum Vergießen von Ankerbolzen in Stein und Eisen in Vergleich zu stellen, sowie die Verwendungsfähigkeit von Metallcement zum Untergießen von Maschinengrundplatten und zum Dichten von Muffenrohren zu erproben.

Die hierzu ausgeführten Untersuchungen erstreckten sich auf:

1. Die Bestimmung des Schmelzpunktes;
2. die Ermittelung des Verhaltens (Schwindens oder Ausdehnens) beim Erkalten der geschmolzenen Masse;
3. die Bestimmung des Widerstandes gegen Herausreißen von in Eisen und Stein vergossenen Ankern;
4. Druckversuche mit unbearbeiteten und bearbeiteten Proben in Form von Würfeln und Platten;
5. Wasserdruckproben mit gußeisernen, mittels Metallcement gedichteten Muffenrohren und
6. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Witterungseinflüssen, Oelen und verdünnten Säuren.

In dem Arbeitsplan, welcher ursprünglich für die Untersuchung aufgestellt war, war außer den vorgenannten Versuchsreihen eine besondere Reihe vorgesehen, die dazu dienen sollte festzustellen, in wie weit das Haftvermögen des Metallcementes an Stein, Holz und Eisen durch den Grad der Vorwärmung der zu vergießenden oder zu verbindenden Theile und durch die Dicke der Metallcementschicht beeinflußt würde. Der Antragsteller nahm jedoch von der Durchführung dieser Reihe einstweilen Abstand. Dieser Umstand sei hier im Voraus erwähnt, weil das Fehlen dieser Versuchsreihe eine Lücke in der Untersuchung bedeutet, die sich besonders bei der Beurtheilung der Versuche mit vergossenen Ankerbolzen bemerkbar macht.

1. Bestimmung des Schmelzpunktes.

Von den für die Versuche eingelieferten Metallcementbarren wurden an verschiedenen Stellen Stücke abgeschlagen, unter dem Hammer zerkleinert und auf Pulverform zerrieben. Nach sorgfältigem Durchmischen wurden diesem Metallcementpulver die erforderlichen Probemengen entnommen und in dem Rohr C (Fig. 1) von etwa 0,7 mm lichter Weite, welches an dem Thermometer T mit Hülfe des Gummiringes G befestigt war, in dem Schwefelsäurebade B erhitzt und zum Schmelzen gebracht.

Der Schmelzpunkt, welcher sich durch den Uebergang der hellen Farbe des Pulvers ins Dunkelgraue deutlich zu erkennen gab, wurde in zwei Versuchen zu 118,7 und 119 C°, rund zu 119 C° bestimmt.

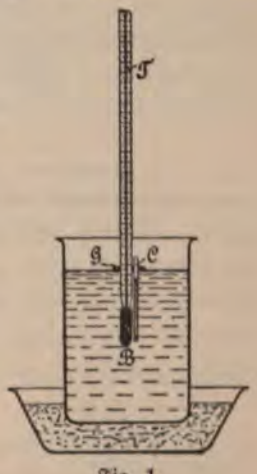


Fig. 1.

Ueber die beim Einschmelzen der Masse im Großen gemachten Beobachtungen möge hier noch Folgendes erwähnt sein.

Das Schmelzgut muß möglichst gleichmäßig erhitzt werden, da der geschmolzene Metallcement beim Ueberhitzen wieder dickflüssig wird und hierdurch das Schmelzen der noch festen Theile erschwert wird. Im praktischen Gebrauch wird dieser Bedingung, wie die Firma Hauser & Co. selbst angiebt, am besten durch Schmelzen auf einem offenen Holzkohlenfeuer Rechnung getragen werden. Bei Durchführung der Untersuchung erfolgte das Einschmelzen zum Gießen der Versuchsstücke auf einem durch Bunsenbrenner erhitzten Sandbade.

Beim Niederschmelzen muß die Masse tüchtig gerührt werden. Eine Zerkleinerung des Schmelzgutes bis auf Wallnußgröße reicht hin, da die auf größere Feinheit gebrachte Masse beim beginnenden Schmelzen doch wieder zu größeren Klumpen zusammenballt.

Da die Masse leicht brennt, so ist sie beim Schmelzen gegen Entzündung zu schützen.

Ist die eingeschmolzene Masse durch Ueberhitzen dickflüssig geworden, so hat man sie unter Rühren langsam erkalten zu lassen, wobei sie wieder in den zum Gießen geeigneten dünnflüssigen Zustand übergeht.

2. Ermittelung des Verhaltens (Schwinden oder Ausdehnen) der geschmolzenen Masse beim Erkalten.

Die in einem eisernen Tiegel auf dem Sandbade geschmolzene Metallcementmasse wurde im wasserflüssigen Zustande in eine etwa 150 mm lange zweitheilige, innen sauber bearbeitete schmiedeeiserne Form mit dem in Fig. 2 dargestellten Querschnitt gegossen. Die beiden Theile A und B der Form standen mit der glatt bearbeiteten Grundfläche auf einer gehobelten eisernen Platte und waren nur durch eine schwache Feder zusammengehalten, sodaß sie im Falle eines Ausdehnens der erkaltenden Metallcementmasse zur Erweiterung des lichten Querschnittes der Form seitlich nachgeben konnten.

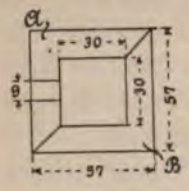


Fig. 2.

Zur Bestimmung der Größe etwaiger Längenänderungen des Gußstückes aus Metallcement beim Erkalten waren in zwei gegenüberliegende Innenflächen der Form je zwei Quermarken eingeritzt. Diese Marken prägten sich auf den Oberflächen der Gußstücke in Form feiner Wulste scharf aus, sodaß ihre Abstände sowohl an dem erkalteten Gußstück als auch an der Form gemessen werden konnten. Die Unterschiede zwischen beiden Messungen lieferten somit ein Maß für die zu bestimmenden Längenänderungen. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. **Formänderung des Metallcementes beim Erkalten.**

Marken-Abstände gemessen an	auf der Fläche A mm	auf der Fläche B mm	Unterschiede zwischen den Markenabständen an der Form und am Guß auf der Fläche A mm	Unterschiede zwischen den Markenabständen an der Form und am Guß auf der Fläche B mm	Schwindung des Metallcementgusses in % auf der Fläche A	auf der Fläche B	in Mittel
Der Form	99,98	138,86	—	—	—	—	—
Dem Gußstück Nr. 1	99,61	138,34	0,37	0,52	0,37	0,37	0,37
Dem Gußstück Nr. 2	99,61	138,35	0,37	0,51	0,37	0,37	0,37

Hiernach hat sich bei allen Messungen übereinstimmend eine Schwindung von 0,37 % für den Metallcement ergeben. Zu bemerken bleibt ferner, daß eine Erweiterung der Form durch Verschiebung der beiden Theile beim Erkalten der Masse nicht stattfand.

3. Bestimmung des Widerstandes gegen Herausreißen von in Eisen und Stein vergossenen Ankern.

Die Ankerstangen, Flacheisen von 30 × 10 mm Querschnitt, welche zugleich mit den gußeisernen Gehäusen von dem Antragsteller für die Versuche eingeliefert wurden, waren an dem Einsatzende auf etwa 150 mm Länge bis zu einem Querschnitt der Endfläche von 35 × 18 mm gleichmäßig konisch angestaucht und mit Einkerbungen versehen.

Sie wurden theils in gußeisernen Gehäusen, theils in Granit vergossen und zwar zur Erlangung von Vergleichswerthen:

1. mit Metallcement,
2. mit Portlandcement,
3. mit Schwefel und
4. mit Blei.

Das Vergießen erfolgte im Allgemeinen ohne Vorwärmen der gußeisernen Gehäuse; indessen wurden mit dem Metallcement auch zwei Versuche angestellt, bei denen die Gehäuse zum Vergießen vorgewärmt und soweit wieder abgekühlt waren, daß aufgestreute Schwefelblume sich nicht mehr entzündete.

Die Abmessungen der Gehäuse und des Granitblockes sind aus Fig. 3 und 4 zu ersehen. Bei der ersten Versuchsreihe wurden die Stangen soweit in das konische Loch eingelassen, daß ihre Endflächen mit denen der Gehäuse bezw. des Granitblockes abschnitten. Da bei dieser Einsatztiefe von 250 mm sämmtliche Stangen abrissen, so wurden bei den weiteren Versuchsreihen vor dem Vergießen zunächst Holzstopfen von 125 mm Länge in das Loch eingesetzt, sodaß nun die Einsatztiefe der neuangefertigten Stange mit annähernd gleichen Abmessungen wie bei der vorher benutzten nur noch 125 mm betrug.

Fig. 3.

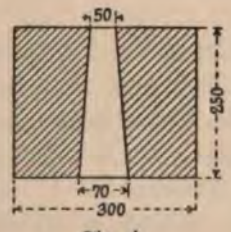


Fig. 4.

Beobachtet wurde außer der Höchstbelastung, bei der die Anker sich aus dem Einguß vollständig herausziehen ließen oder abrissen, auch diejenige Belastung, bei welcher der Querschnitt des Ankers, welcher ursprünglich mit der Oberfläche des zum Vergießen verwendeten Materials zusammenfiel, unter Krachen nach Außen vorrückte. Zum Theil hatte dieses Vorrücken seinen Grund lediglich darin, daß der Anker sich auch innerhalb des vergossenen Theiles dehnte, ohne daß er vollständig lose wurde.

Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt. Zu den Versuchen 1—5 mit 250 mm Einsatztiefe, bei denen die Stangen stets im Gehäuse abrissen, ist nur zu erwähnen,

Tabelle 2. **Ergebnisse der Zugversuche mit vergossenen Ankerstangen.**

Versuch Nr.	Tiefe des Einsatzes mm	Anker vergossen mit	Anker vergossen in	Anker vergossen bei Zustand des Gehäuses	Versuchsergebnisse: Beginn des Herausziehens kg	Versuchsergebnisse: Höchste erreichte Belastung kg	Bemerkungen.
1	250	Metallcement	Gußeisen	kalt	7400	12800	Bruch des Ankers innerhalb des Gehäuses.
2		Portlandcement; 6 Tage erhärtet			10250	12500	
3		Schwefel			10700	13600	
4		Blei			9000	13100	Desgl., nachdem er um 15 mm aus dem Gehäuse herausgetreten war und das untere Ende sich um 3 mm hineingezogen hatte.
5		Metallcement	Granit		10300	14900	Desgl., nachdem einzelne Theile des Metallcement aus der Oberfläche herausgebrochen waren.
6	125	Metallcement	Gußeisen	kalt	9250	14250	Anker zieht sich ruckweise heraus.
7					10750	14750	Bruch des Ankers; bei wiederholter Belastung zieht er sich unter 13750 kg heraus.
8				vorgewärmt	7000	14750	Anker reißt außerhalb des Gehäuses.
9					7000	15750	
10		Portlandcement; 5 Tage erhärtet		kalt	4750	4750	Anker zieht sich heraus.
11					2500	2500	
12					3000	3000	
13		Schwefel			7500	13000	Anker zieht sich ruckweise heraus.
14					13500	13500	
15		Blei			6750	9750	
16					10250	12500	
17		Metallcement	Granit		4000	14000	Granitblock gesprungen.

daß beim Metallcement dem Bruch ein Heraustreten des Ankers aus der Eingußoberfläche um 2 mm und beim Bleieinguß ein solches um 15 mm voraufging. Der Bleieinguß war unter der Belastung zum Fließen gekommen, sodaß die hintere, ursprünglich ebene Fläche nach dem Versuch einen Trichter von 3 mm Tiefe bildete.

Unter den Versuchen 6—17 mit 125 mm Einsatztiefe lieferten die mit Metallcement vergossenen Anker (Versuch 6—9) die höchsten Belastungen. Von den beiden in kalten Gehäusen vergossenen Ankern zog sich der eine bei 14250 kg ruckweise heraus, während der zweite bei 14750 kg riß. Hiernach dürfte bei dem Vergießen mit Metallcement die für die gegebenen Versuchsbedingungen — nach innen kraterförmig erweitertes Bohrloch und nach unten verdickte Ankerstange mit Einkerbungen — höchste erreichbare Festigkeit der Verbindung erzielt sein. Bei allen übrigen in kalten Gehäusen hergestellten Eingüssen zogen die Anker sich unter mehr oder weniger geringeren Belastungen heraus. Ordnet man die verschiedenen benutzten Materialien nach abnehmenden Mittelwerthen für die erreichten Höchstbelastungen, so erhält man nach Maßgabe von Tab. 3 die Reihenfolge: Metallcement, Schwefel, Blei und Portlandcement, wobei die erzielten Bruchlasten bis zu 23,5 % gegenüber 100 % für Metall-

Tabelle 3. **Einordnung der Eingußmaterialien nach abnehmenden Festigkeiten.**

Material	Mittelwerthe		Verhältnißwerthe für	
	höchste erreichte Belastung kg	Beginn des Herausziehens kg	Höchste Belastung %	Beginn des Herausziehens %
Metallcement	14500	10000	100	100
Schwefel	13250	10500	91	105
Blei	11125	8500	77	85
Portlandcement	3417	3417	23,5	34

cement zurückgehen. Nach den Belastungen beim Beginn des Herausziehens tritt der Einguß aus Schwefel mit 105 % in die erste Stelle, dann folgen Metallcement mit 100 %, Blei mit 85 % und Portlandcement mit 34 %.

Durch das Vorwärmen der gußeisernen Gehäuse zum Eingießen (Tab. 2, Versuch 8 u. 9) ist der Widerstand gegen völliges Herausziehen des Ankers nicht verändert; die Anker rissen unter im Mittel 15250 kg Belastung beide außerhalb des Einguſses. Dagegen ist die Belastung beim Beginn des Herausziehens mit 7000 kg gegen 10000 kg beim Einguß in kalte Gehäuse um 30 % geringer gefunden.

Nach dem ursprünglich aufgestellten Arbeitsplan war beabsichtigt, glatte Anker von verschiedenem Durchmesser zu benutzen, um eine Umrechnung der beobachteten Belastungen in Bezug auf die Einheit der Berührungsfläche zwischen Anker und Eingußmasse vornehmen zu können. Eine derartige Umrechnung wäre aber in dem vorliegenden Falle nicht sachgemäß, weil der Antragsteller an den Enden angestauchte Ankerstangen wählte, bei deren Herausziehen nicht nur das Haftvermögen der Eingußmasse an der Stange, sondern auch die durch das verdickte Ende herbeigeführte Keilwirkung die Tragfähigkeit der Verbindung und zwar besonders die erreichte höchste Belastung beeinflußte.

Von Einfluß auf das Ergebniß für den Beginn des Herausziehens war ferner der Querschnitt des Einsatzloches. Bei dem Bleieinguß mußte das Fließen durch den vom Antragsteller im Verhältniß zum Querschnitt der Ankerstange übermäßig groß gewählten Lochdurchmesser begünstigt werden zum Nachtheil der erzielten Belastung. In wie weit dieser Einfluß bei den übrigen spröden Eingußmassen bestand, läßt sich nicht übersehen. Vielleicht spielen bei dem Metallcement auch die Abkühlungsverhältnisse eine Rolle, die sich bei gleicher Masse des Gehäuses mit der Menge des Einguſses, also mit der Lochgröße ändern. Ob hiermit aber der auffallend geringe Werth von 4000 kg erklärt werden kann, der für den Beginn des Herausziehens des Ankers aus dem mit Metallcement vergossenen Granitblock erhalten wurde (Versuch 17, Tab. 2), lasse ich dahingestellt; der Block zerbrach bei diesem Versuch, sodaß von Kontrolproben abgesehen werden mußte.

4. Druckversuche mit Würfel und Platten aus Metallcement.

Die Versuche erstreckten sich auf fünf Probengruppen mit verschiedenen Abmessungen. Den Ausgangspunkt für die Wahl der letzteren bildeten Würfel von 30 mm Kantenlänge; an diese schlossen sich zwei Gruppen mit ebenfalls 30 × 30 mm Druckfläche aber nur 20 mm und 10 mm Höhe an und den letzteren folgten schließlich zwei weitere Gruppen mit 10 mm Höhe aber 50 × 50 mm und 80 × 80 mm Druckfläche.

Tabelle 4. Ergebnisse der Druck-

A. Unbearbeitete

Versuch Nr.	Probe entstammt aus dem Guß			Gegossen bei C°	Abmessungen der Höhe						
					an den Ecken					in der Mitte	
	Reihe Nr.	Probenfolge	Material-Zustand		1	2	3	4	Mittel h	h_1	$h-h_1$
1	5	c	frisch	126	30,0	30,0	30,0	29,9	30,0	29,8	0,2
2	6	a		129	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,9	0,1
3	7	a		133	30,0	29,9	30,0	30,1	30,0	29,9	0,1
4	9	b	frisch	133	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	0,2
5	10	b		139	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	19,9	0,2
6	2	c	frisches u. gebrauchtes Material gemischt	—	10,3	10,1	10,4	10,1	10,2	10,1	0,1
7	4	c	alt	128	10,2	10,3	10,1	10,1	10,2	10,0	0,2
8	10	c	frisch	139	10,2	10,1	10,1	10,0	10,1	10,0	0,1
9	1	b	frisch	—	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	9,8	0,6
10	2	b	frisches und altes Material gemischt	—	10,4	10,3	10,3	10,4	10,4	9,6	0,8
11	3	b	frisch	—	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	9,7	0,7
12	4	b	alt	128	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	9,7	0,6
13	4	a	alt	128	10,4	10,2	10,2	10,2	10,2	9,3	0,9
14	5	a	frisch	126	10,2	9,9	10,2	10,2	10,2	9,3	0,9
15	6	b	frisch	129	10,1	10,4	10,1	10,1	10,1	9,4	0,7

Tabelle 5. Ergebnisse der Druck-

B. Bearbeitete

Versuch Nr.	Probe entstammt aus dem Guß			Gegossen bei C°	Abmessungen der Höhe							
					im unbearbeiteten Zustande							nachgearbeitet bis auf mm
					an den Ecken					in der Mitte		
	Reihe Nr.	Probenfolge	Material-Zustand		1	2	3	4	Mittel h	h_1	$h-h_1$	
1	8	b	frisch	134	29,9	30,0	30,2	30,1	30,1	29,9	0,2	29,8
2	9	c		135	30,0	29,9	30,0	30,1	30,0	29,9	0,1	29,8
3	11	a		133	30,3	30,1	30,0	30,1	30,1	30,0	0,1	29,2
4	7	c		133	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	19,9	0,2	19,8
5	8	a		134	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	0,1	19,8
6	13	b		137	20,0	20,1	20,0	20,1	20,1	20,0	0,1	19,4
7	1	c	frisch	—	10,7	10,9	10,8	10,7	10,8	10,1	0,7	9,9
8	11	c		133	10,0	10,3	10,3	10,2	10,2	10,1	0,1	10,0
9	12	b		132	10,1	10,2	10,3	10,2	10,2	10,1	0,1	10,0
10	5	b		126	10,4	10,3	10,2	10,3	10,3	9,8	0,5	9,8
11	6	c		129	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3	9,9	0,4	9,8
12	13	a		137	10,0	10,2	10,3	10,3	10,2	9,5	0,7	9,0
13	7	b		133	10,2	10,4	10,2	9,9	10,2	9,2	1,0	9,0
14	8	c		134	10,2	10,4	10,2	10,0	10,2	9,2	1,0	9,2
15	10	a		135	10,2	10,4	10,2	9,9	10,2	9,2	1,0	9,2

*) Beim Herausnehmen der Proben aus den Formen brach an der Eingußstelle ein rechteckiges Stück aus. Bei Berechnung der

Versuche mit Metallcement.

Proben.

Proben: Druckfläche Kantenlänge a	b	Flächeninhalt qmm	Druckfestigkeit: Gesammt kg	Spannung kg/qmm: Einzelwerthe	Mittel für gleiche Probeform	Verhältnißzahlen %	Gewicht der Körper g	Bemerkungen
30,0	30,0	900	3420	3,80			54,85	In der Mitte des Körpers sehr porös, mit Ausscheidung von Schwefel.
30,0	30,0	900	4240	4,71	4,31	100,0	54,65	
30,0	30,0	900	3980	4,42			54,42	
30,0	30,0	900	4600	5,11	5,01	116,2	35,44	
30,0	30,0	900	4410	4,90			35,50	
30,0	30,0	900	6400	7,11			19,20	In der Mitte des Körpers etwas porös, mit Schwefelausscheidung.
30,0	30,0	900	3770	4,19	5,43	126,0	18,92	
30,0	30,0	900	4480	4,98			18,63	
50,0	50,0	2500	5500	2,20			51,47	—
50,0	50,0	2500	8260	3,30	2,94	68,2	52,15	
50,0	50,0	2500	7110	2,84			51,93	
50,0	50,0	2500	8520	3,41			52,17	
80,0	80,0	6350*)	17890	2,82			130,95	Untere Druckfläche eben, obere konkav.
80,0	80,0	6350*)	16520	2,60	2,81	65,2	130,55	Beide Druckflächen konkav.
80,0	80,0	6350*)	19070	3,00			130,25	

Versuche mit Metallcement.

Proben.

Proben: Druckfläche Kantenlänge a mm	b mm	Flächeninhalt qmm	Druckfestigkeit: Gesammt kg	Spannung kg/qmm: Einzelwerth	im Mittel	Verhältnißzahlen 4,95=100 gesetzt	Gewicht des Körpers g	Bemerkungen
30,0	30,0	900	4900	5,44			54,38	In der Mitte sehr porös mit Schwefelausscheidung.
30,0	30,0	900	4710	5,23	4,95	100,0	53,62	
30,2	30,4	918	3840	4,20			50,60	Vor dem Versuch: Druckfläche sehr porös. Nach dem Bruch: In der Mitte des Körpers sehr porös mit Schwefelausscheidung.
30,0	30,0	900	5090	5,66			35,91	In der Mitte etwas porös; Spur Schwefelausscheidung.
30,0	30,0	900	4990	5,54	5,47	110,5	35,46	Druckfläche: Porös. Bruchaussehen: Wie bei Nr. 4.
30,0	30,0	900	4720	5,20			34,82	Vor dem Versuch: Druckfläche porös. Nach dem Bruch: In der Mitte porös mit Schwefelausscheidung.
30,3	30,3	918	7290	7,94			18,47	Vor dem Versuch: Druckfläche porös. Nach dem Bruch: Körper in der Mitte porös mit Schwefelausscheidung.
30,4	30,4	924	5980	6,60	6,98	141,0	18,43	
30,5	30,4	927	5900	6,40			18,36	
50,0	50,0	2500	25200	10,08			50,19	
50,0	50,0	2500	25600	10,24	9,93	200,6	50,55	
50,0	49,8	2490	23180	9,30			45,54	
79,8	80,0	6384	69300	10,90			119,00	Bei 30 t Belastung war ein Knistern hörbar. Bruch erfolgt mit einem starken Geräusch.
79,9	80,0	6340*)	62100	9,80	10,30	208,1	121,80	
79,8	80,0	6332*)	65000	10,30			119,35	

Druckfläche ist die Flächenausdehnung des ausgebrochenen Theiles von dem Produkt aus Breite und Länge (a×b) in Abzug gebracht.

Sämmtliche Proben wurden in der Versuchsanstalt einzeln gegossen. Sie gelangten theils im unbearbeiteten Zustande zur Prüfung (s. Tab. 4), theils wurden ihre Druckflächen vor der Prüfung mit feinem Schmirgel auf einer Richtplatte eben geschliffen (s. Tab. 5).

Das Material wurde aus einem und demselben Barren Metallcement entnommen. Es wurde theils nach dem ersten Einschmelzen (frisch) vergossen, theils war es zuvor einmal umgeschmolzen, theils wurde ein Gemenge von frischem und umgeschmolzenem Material verwendet. Die Angaben hierüber sind in Tab. 4 u. 5 unter der Bezeichnung „Materialzustand" enthalten.

Aus jeder Schmelzung wurden drei Proben von verschiedenen Abmessungen gegossen. Die einzelnen Schmelzungen sind der Reihe nach mit laufenden Nummern bezeichnet, während die Reihenfolge, in der die drei Proben aus derselben Schmelzung gegossen sind, durch Buchstaben gekennzeichnet wurde (s. Spalte 2 und 3 der Tab. 4 und 5). Der Wärmezustand jeder Schmelzung unmittelbar vor dem Gießen wurde mit Hülfe eines Thermometers festgestellt.

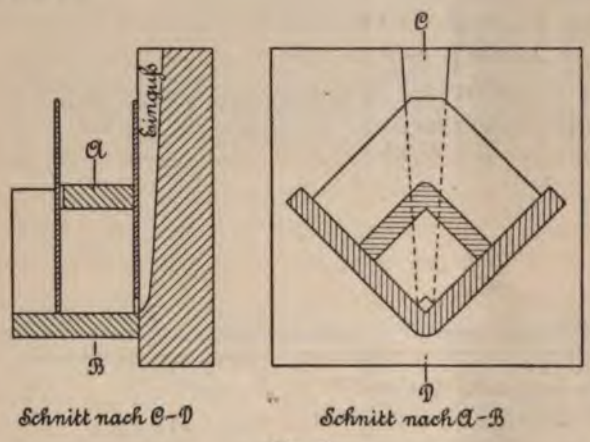


Fig. 5.

Die Formen (s. Fig. 5) waren zerlegbar aus Eisen gefertigt. Sie wurden so aufgestellt, daß der Guß von unten und zwar von einer Ecke der Probe aus erfolgte. An der höchstgelegenen Ecke war eine kleine Bohrung zum Entweichen der Luft und Gase in der Form angebracht. Die Formen wurden vor dem Gießen nicht angewärmt, was nothwendig war, um ein Anhaften des Metallcementes an ihren Wandungen zu vermeiden.

Ein Vergleich zwischen den mittleren Druckspannungen der unbearbeiteten und bearbeiteten Proben von gleichen Abmessungen untereinander zeigt, daß der Einfluß der Bearbeitung bei den plattenförmigen Proben ein recht erheblicher war. So gaben z. B. die Platten mit $80 \times 80 \times 10$ mm Kantenlänge unbearbeitet nur 2,81 kg/qmm Druckfestigkeit, im bearbeiteten Zustande dagegen 10,3 kg/qmm. Die Ursache für diese Erscheinung ist ohne Weiteres darin zu erkennen, daß die Druckflächen nach dem Erkalten der Proben hohl waren und die Proben nun in Folge ungleichmäßiger Anlage beim Druckversuch durchbrachen. Der Unterschied in der Plattenstärke an den Ecken und in der Mitte betrug bei 10 mm mittlerer Dicke bis zu 0,9 mm, also etwa 9 %. Da das Hohlwerden auf Veränderung der Formwände beim Gießen nicht zurückgeführt werden kann, so ist es ein weiterer Beweis dafür, daß der Metallcement beim Erkalten sich nicht ausdehnt sondern schwindet und daher die Form dort nicht ausfüllt, wo die Masse zuletzt erkaltete. Bei Beurtheilung der Verwendbarkeit von Metallcement zum Untergießen von Maschinengrundplatten wird man diesem Umstande Rechnung zu tragen haben.

Die in Tab. 5 enthaltenen Werthe für die bearbeiteten Körper bestätigen das bekannte Gesetz, nach welchem die Druckfestigkeit für gleiches Material bei gleicher Druckfläche mit abnehmender Höhe und bei gleicher Höhe mit wachsender Druckfläche

zunimmt. Bauschinger stellte für die Beziehungen zwischen der Druckfestigkeit und den Abmessungen von Prismen die Gleichung auf:

$$\sigma = \left(\alpha + \beta \frac{\sqrt{f}}{l}\right) \sqrt{\frac{\sqrt{f}}{\frac{u}{4}}};$$

hierin bedeuten:

σ die Druckspannung in kg/qcm,
f die Größe der Druckflächen in qcm,
l die Länge des Prismas in cm,
u den Umfang der Druckfläche in cm und
α u. β Konstante, die von der Art des Materials abhängen.

Da die zu den vorliegenden Versuchen benutzten Prismen annähernd quadratischen Querschnitt hatten, so wird die Größe unter der Wurzel gleich 1 und die obige Gleichung geht über in

$$\sigma = \left(\alpha + \beta \frac{\sqrt{f}}{l}\right).$$

Nach dieser Gleichung berechnen sich die Größen α und β aus den in Tab. 5 enthaltenen Ergebnissen für 15 Versuche im Mittel zu $\alpha = 405$ und $\beta = 89$. Errechnet man mit ihnen die Druckspannungen für die verschiedenen angewendeten Prismenformen, so ergeben sich die in der letzten Spalte von Tab. 6 aufgeführten Werthe.

Hiernach stimmen die berechneten und beobachteten Bruchlasten bei den Prismen von gleicher Druckfläche mit dem Würfel (Probengruppe I—III) untereinander gut überein, dagegen ist der errechnete Werth bei Gruppe IV kleiner und bei Gruppe V größer als die beobachteten. Die Unterschiede sind nicht erheblich und es erscheint nicht ausgeschlossen, daß sie durch den Einfluß des verschiedenartigen Erkaltens bei den verschieden großen Massen veranlaßt sind.

Tabelle 6. **Gegenüberstellung der beobachteten und nach der Bauschingerschen Gleichung berechneten Druckspannungen.**

Proben-Gruppe	Mittlere Abmessungen			Mittlere Druckspannungen kg/qcm	
	Druckfläche f qcm	Umfang u cm	Länge l cm	beobachtet	berechnet
I	9,06	12,04	2,96	495	495
II	9,00	12,00	1,97	597	540
III	9,23	12,16	1,00	698	675
IV	24,97	19,98	0,95	993	873
V	63,52	31,96	0,91	1030	1184

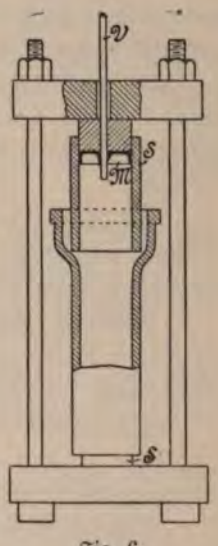


Fig. 6.

5. Wasserdruckproben mit gußeisernen Muffenrohren.

Zum Versuch dienten gußeiserne Rohre von 103 und 212 mm lichtem Durchmesser. Die muffenlosen Enden wurden nach Maßgabe von Fig. 6 mit Hülfe von Ledermanschetten M und hintergelegten Scheiben S abgedichtet und das Ganze in ein Rahmenwerk gesetzt, welches den auf die Manschetten wirkenden Flächendruck aufnahm, ohne einen Längsdruck auf die Rohre und deren Verbindung auszuüben. Das Druckwasser wurde durch das Rohr V eingeleitet.

Die Abdichtung der Muffe erfolgte, indem zunächst ein vor dem Flechten mit Talg eingeriebener Hanfzopf zwischen Rohr und Muffe eingelegt und der übrigbleibende Zwischenraum von etwa 95 und 120 mm Höhe mit Metallcement vergossen wurde. Von den drei Proben kleineren Durchmessers wurde die eine vor dem Vergießen angewärmt.

Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 7 zusammengestellt; sie bedürfen keiner weiteren Erörterung.

Tabelle 7. **Ergebnisse der Versuche mit Muffendichtungen.**

Versuch Nr.	Das Vergießen des Metallcementes erfolgte	Abmessungen der Versuchsstücke: Muffe, innerer Durchmesser mm	Muffe, innere Länge mm	Rohrdurchmesser, außen mm	Rohrdurchmesser, innen mm	Die Muffendichtung wurde: undicht Atm.	herausgedrückt Atm.	Bemerkungen
1	Ohne Anwärmen der Muffe	137	95	124	103	—	154	Die Muffendichtung blieb bis zum Herausdrücken dicht.
2						35	138	Zwischen 44 und 123 Atm. konnten Undichtigkeiten an der Muffendichtung nicht wahrgenommen worden.
3	nach Anwärmen der Muffe					132	150	—
4	ohne Anwärmen der Muffe	254	120	235	212	—	—	Bei 104 Atm. Bruch des Rohres, ohne daß vorher Undichtigkeiten wahrgenommen waren.

6. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Witterungseinflüssen, verdünnter Schwefelsäure und Oel.

Die Versuche wurden mit 8 plattenförmigen, in Metallformen gegossenen Proben von etwa 10 mm Höhe und 30 × 30 mm Kantenlänge ausgeführt. Die Stücke wurden mit Alkohol und Aether gereinigt, im lufttrockenen Zustande gewogen und dann 6 Stück in 6 Bechergläser gebracht, welche paarweise mit verdünnter Schwefelsäure, Mineralmaschinenöl und Mineralspindelöl gefüllt waren. Die beiden letzten Proben wurden auf einem Brettstück unter einem Drahtgeflecht auf dem Holzcementdach der Versuchsanstalt den Einflüssen der Witterung ausgesetzt.

Als Maß für den stattgehabten Angriff der genannten Einflüsse wurde die Gewichtsabnahme der Proben nach einer Einwirkungsdauer von 25 und 41 Tagen ermittelt, nachdem die Proben zuvor wieder mit Alkohol und Aether gereinigt und lufttrocken gemacht waren.

Außerdem wurden die Veränderungen beobachtet, welche die Oberflächen der Proben während des Versuches erlitten. Vor Beginn des Versuches zeigten sämmtliche Proben eine glatte, dichte Oberfläche von dunkelgrauer Färbung mit einem Stich ins Grüne.

Die verwendeten beiden Mineralöle waren reine, hochsiedende Oele, welche nur Spuren organischer Säuren enthielten. Der Flüssigkeitgrad nach Engler betrug bei 20 C° und bezogen auf Wasser = 1, bei dem Maschinenöl 40,8 und bei dem Spindelöl 11,6.

Aus den in Tab. 8 zusammengestellten Ergebnissen ist zu ersehen, daß der Metallcement sich bei keinem der angestellten Aetzversuche als vollständig widerstandsfähig erwies. Die Witterungseinflüsse haben dem Metallcement am wenigsten geschadet; sie bewirkten innerhalb von 40 Tagen eine Gewichtsabnahme von nur 0,11 %, und äußerlich waren keine Veränderungen der Oberfläche wahrzunehmen. Die 41tägige Einwirkung verdünnter Schwefel-

säure hinterließ mehr oder weniger stark porige Oberflächen bei 0,13 % Gewichtsabnahme. Am wenigsten aber widerstand der Metallcement der Einwirkung von Mineralölen; die Gewichtsabnahme belief sich besonders bei den in Spindelöl gelegten Proben nach 41 Tagen bis zu 3 % und die Oberflächen waren stark porig geworden. —

Tabelle 8. **Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Metallcement gegen ätzende Einflüsse.**

Zeichen der Probe	Art der Behandlung	Abmessungen der Proben			Ursprüngliches Gewicht	Gewichtsabnahme in % nach		Bemerkungen über das Aussehen der Oberfläche
		Höhe mm	Kante a mm	Kante b mm	g	26 Tagen	41 Tagen	
1	In verdünnte Schwefelsäure gelegt	10,1	30,4	30,4	18,8228	0,095	0,121	Einige kleine Poren.
2		10,1	30,6	30,2	18,9938	0,095	0,142	Auf der einen Seite einige kleine Poren, auf der anderen zahlreichere, größere Poren.
3	In Mineralmaschinenöl gelegt	10,1	30,5	30,3	18,6830	1,341	1,790	Hellgrau, rauh, stark porös.
4		10,0	30,2	30,5	18,3924	1,148	1,483	Hellgrau, rauh, stark porös.
5	In Mineralspindelöl gelegt	10,0	30,5	30,3	18,3992	2,647	3,050	Hellgelblichgrau; porös, abfärbend. Zahlreiche größere Poren.
6		10,1	30,3	30,4	18,8400	2,570	2,898	Hellgelblichgrau; porös; abfärbend.
7	Den Witterungseinflüssen ausgesetzt	10,3	30,4	30,3	19,2161	25 Tagen: 0,018	40 Tagen: 0,115	Glatt; Veränderung nicht bemerkbar.
8		10,1	30,5	30,3	19,0327	0,016	0,107	Desgl.

Schlußbemerkungen.

Die im Vorstehenden besprochenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Der Schmelzpunkt des Metallcementes beträgt etwa 119 C°. Durch Ueberhitzen wird die Masse dickflüssig, geht aber beim Erkalten unter beständigem Rühren wieder in den wässerig dünnflüssigen Zustand über.
2. Das Schmelzen muß zur Vermeidung von Entzündung unter Abhaltung der Flamme erfolgen.
3. Beim Erkalten unter den Schmelzpunkt geht Metallcement schnell in den festen Zustand über und zeigt hierbei eine lineare Schwindung von 0,37 %.
4. In eiserne kalte Formen gegossen, füllt Metallcement diese an den Kanten scharf aus, dagegen werden die Oberflächen des Gußstückes hohl.
5. An kalten Metallflächen haftet Metallcement nicht, dagegen an angewärmten Flächen derart fest, daß er sich mit dem Hammer nur stückweise losschlagen läßt.
6. Beim Vergießen von Ankerstangen in Eisen ohne Vorwärmen wurden bei 125 mm Einsatztiefe und bei im Verhältniß zum Querschnitt der Ankerstange weitem Loch mittels Metallcement und Schwefel annähernd gleiche Widerstände gegen das Herausreißen der Stange erzielt. Die Festigkeit beim Bleiverguß in der vom Antragsteller vorgeschriebenen Art war um 15—20 % und diejenige beim Vergießen mit Portlandcement um 65—75 % geringer.

7. Die Druckfestigkeit des Metallcementes, ermittelt an bearbeiteten Probewürfeln, betrug im Mittel 4,95 kg/qmm und steigerte sich bei Anwendung von Proben in Plattenform mit $10 \times 80 \times 80$ mm Kantenlänge bis zu 10,3 kg/qmm.
8. Muffendichtungen aus Metallcement mit untergelegtem getalgten Hanfzopf erwiesen sich bei gußeisernen Rohren als hinreichend dicht, sodaß bei dieser Dichtungsweise in einem Fall sogar das Rohr gesprengt werden konnte.
9. Gegen die Einflüsse verdünnter Schwefelsäure und von Mineralöl ist Metallcement nicht widerstandsfähig. Witterungseinflüsse veranlassen ebenfalls geringe Veränderungen.

Die unter 3 und 4 aufgeführten Versuchsergebnisse, nach denen der Metallcement beim Erkalten schwindet, stehen in einem nicht aufgeklärten Widerspruch mit den Angaben der Herren Hauser & Co. und den Beobachtungen des Herrn v. Teuffel[1]). Nach den letzteren soll der Metallcement „die dem Schwefel anhaftenden schädlichen Eigenschaften — Treiben während des Erkaltens und Zerstörung der mit ihm in Berührung kommenden Eisentheile“ — in dem Grade besitzen, daß „eine größere Anzahl damit ausgegossener Steinplatten trotz des geringen Volumens der nur 8 cm tiefen und 3 cm weiten Löcher in Folge der treibenden Kraft aufgerissen wurden“.

Ferner wurden auch die Angaben der Herren Hauser & Co., daß Metallcement „der Einwirkung von Feuchtigkeit, Säuren und Oelen vollkommen widersteht“, durch die Versuche nicht bestätigt.

Die vorstehend unter 5 und 6 aufgeführten Ergebnisse widersprechen sich anscheinend untereinander. Denn während in dem einen Fall (unter 4) gesagt ist, daß Metallcement an kalten Eisenflächen nicht haftet, wurde im anderen Falle der Widerstand kalt mit Metallcement vergossener Ankerstangen gegen Herausreißen derart groß gefunden, daß schließlich sogar die Stangen durchrissen. Wenn nun auch bei diesen Versuchen der Erfolg schließlich dadurch erzielt wurde, daß die Stangen am unteren Ende des vergossenen Theiles verdickt waren, so wird doch die Tragfähigkeit bis zum Beginn des Herausziehens durch das Anhaften des Metallcementes an der eisernen Stange veranlaßt sein. Eine Erklärung für diesen Widerspruch glaube ich darin finden zu sollen, daß schon derjenige Grad des Anwärmens zum Haften des Metallcementes an der Stange hinreichte, den letztere durch die Wärmeabgabe aus der großen Menge der Eingußmasse an das Eisen erfuhr.

Als auffallend ist schließlich noch gegenüber den anderen Ortes gemachten Beobachtungen die geringe Festigkeit der mit Portlandcement hergestellten Eingüsse zu bezeichnen.

[1]) Deutsche Bauzeitung 1895, S. 499.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Ergänzungsheft I. 1895.

Bericht

über

vergleichende Schmieröluntersuchungen, ausgeführt in den Jahren 1889—1894.

Von

Dr. J. Holde,
Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1895.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Ergänzungsheft I. 1895.

Bericht über vergleichende Schmierölunterſuchungen ausgeführt in den Jahren 1889—1894.

Von Dr. D. Holde, Vorſteher der Abtheilung für Oelprüfung.

Durch die Erlaſſe vom 13. November 1889 und 16. März 1890 hatte der Herr Miniſter für Handel und Gewerbe angeordnet, daß die im „Ergänzungsheft V der Mittheilungen aus den Königlichen techniſchen Verſuchs-Anſtalten“ 1889 veröffentlichten vergleichenden Schmierölunterſuchungen unter beſonderer Berückſichtigung der Einflüſſe minderwerthiger Beimiſchungen auf die Brauchbarkeit von Schmierölen fortgeführt werden. Hierbei ſollte eine ſchärfer begrenzte Kennzeichnung der wirklich brauchbaren Schmiermittel herbeigeführt werden.

Im Verlauf der Unterſuchungen ſtellte ſich die Nothwendigkeit heraus, die bereits früher eingeleitete Ausbildung der Prüfungsverfahren in weitgehender Weiſe fortzuführen, um die Einflüſſe beſtimmter Beimiſchungen, wie Paraffin, Asphalttheile, Kautſchuk ꝛc. bis in die Details verfolgen zu können. Zum Theil, ſpeciell in Bezug auf Fragen phyſikaliſcher Prüfung — z. B. die Beſtimmung der Viskoſität, die Konſiſtenz der Oele in der Kälte, das Ausdehnungsvermögen der Oele ꝛc. — ſind die Unterſuchungen zu einem befriedigenden Abſchluß gelangt, ſo daß eine ſichere Grundlage auf dieſem Gebiete für die Zukunft geſchaffen iſt.

Wie in dem vorangegangenen umfaſſenden Bericht vom Jahre 1889, möge daher auch hier zunächſt eine gedrängte Ueberſicht über die Entwicklung der Prüfungsverfahren unter Angabe der früheren Veröffentlichungen gegeben werden. Hierbei hat es ſich, um den organiſchen Zuſammenhang der einzelnen Gebiete zu wahren, nicht vermeiden laſſen, theilweiſe Verſuchsreihen aufzunehmen, welche eigentlich in die unter B ſpäter behandelte vergleichende Unterſuchung der Schmierfähigkeit verſchiedener Oele gehören. Es wird daher in dem Abſchnitt B an den betreffenden Stellen nur kurz auf dieſe unter A aufgeführten Verſuchsreihen zurückverwieſen werden.

A. Unterſuchungen zur Ausbildung der Verſuchsverfahren.

I. Phyſikaliſche Eigenſchaften der Schmiermittel.

a) Englerſcher Apparat.

1. Konſtruktive Verbeſſerungen.

Der von der Verſuchs-Anſtalt benutzte Englerſche Apparat hat vor etwa 4 Jahren, natürlich unter Beibehaltung der Hauptabmeſſungen, die nebenan gezeichnete Form erhalten, welche ein bequemeres und ſichereres Arbeiten mit dem Apparat als früher geſtattet. Durch die Erhöhung des Ausflußgefäßes wird ein Ueberſpritzen des Waſſers aus dem Bade B in den Oelbehälter A beim Rühren mit dem Kontrolthermometer des Bades vermieden. Die Durchführung des Verſchlußſtiftes durch den Deckel ermöglicht es, den Verſuch in Gang zu ſetzen, ohne den Deckel zu lüften. Der Kranzbrenner d ſoll eine gleichmäßigere Erwärmung

des Bades geſtatten. Dieſe kleinen konſtruktiven Aenderungen haben ſich im Laufe der letzten Jahre gut bewährt, und auch Profeſſor Engler hat die vorſtehende Form des Apparates nach vorangegangenen Verhandlungen zwiſchen der Großherzoglich chemiſch-techniſchen Verſuchs-Anſtalt und dem hieſigen Inſtitut ſeinen neueſten vorläufigen Veröffentlichungen über die von ihm gewünſchte Handhabung des Apparates zu Grunde gelegt.

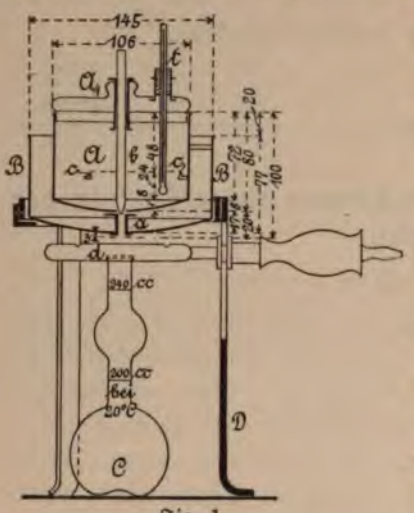


Fig. 1.

Sehr gut bewährt hat ſich bei gleichzeitiger Unterſuchung mehrerer Oele die nach dem Entwurf von A. Martens, unter Beibehaltung der Hauptabmeſſungen, ausgeführte Vereinigung von 4 Zähigkeitsmeſſern in einem einzigen Bade (Fig. 2). Der Apparat geſtattet eine erhebliche Zeitersparniß dadurch, daß man mit einem Waſſerbade (W) gleichzeitig die Wärme von 4 Oelproben in je einem Viskoſimetergefäß regeln und die Oele ſomit bequem gleichzeitig nebeneinander ausfließen laſſen kann.

Die Zeitableſungen können an einer einzigen Uhr für alle 4 Proben vorgenommen werden, indem man nach erfolgter Wärmeregelung des Bades und der Oelproben in den einzelnen Ausflußgefäßen jedesmal bei Ablauf einer vollen oder halben

Fig. 2.

Minute den Stift lüftet und ſo die Oele kurz hintereinander auslaufen läßt. Während des Ausfließens wird die Badwärme durch das Rührwerk T, welches durch die Turbine R-S getrieben wird, und nöthigenfalls durch Zufließenlaſſen von kaltem Waſſer durch E oder Erwärmung des

Bades durch eine kleine Gasflamme geregelt. Bei höheren Wärmegraden 28 bis 80° C kann man eine kleine durch ein Drahtnetz gemäßigte Flamme eines Bunſenbrenners während des ganzen Verſuches unter dem Waſſerbade verbleiben laſſen, um das Sinken der Badwärme zu vermeiden. Bei etwa 100° C laſſen ſich mit Genauigkeit und ſchneller Erzielung der vorgeſchriebenen Wärme die Verſuche ausführen, wenn man auf eine der Tüllen ein langes Dephlegmatorrohr aufſetzt und das im Bade nur mäßig hoch aufgefüllte Waſſer beſtändig im Sieden erhält.[1]) Die Benutzung des Apparates dürfte ſich überall dort, wo viele Flüſſigkeitgradbeſtimmungen auszuführen ſind, z. B. in größeren Fabrikbetrieben ꝛc. empfehlen.

2. Verbeſſerung der Verſuchsausführung.

Bei den im Laufe der letzten Jahre mit dem Englerſchen Apparat geſammelten Erfahrungen ergab ſich, daß die zuweilen bei Flüſſigkeitgradbeſtimmungen eines Oeles auf verſchiedenen Apparaten beobachteten Differenzen hauptſächlich auf Abweichungen in folgenden Punkten zurückzuführen ſind:

1., Die Weite des Ausflußröhrchens[2])

2., die Auffüllhöhe bis zu den Markenſpitzen

3., die Beſtimmung der als Einheit geltenden Ausflußzeit für Waſſer,

welche letztere Schwankungen bis zu 4 % auf demſelben Apparat ausgeſetzt war.

Daher wurde zunächſt die völlige Klarlegung der vorſtehenden Fehlerquellen des Apparates erſtrebt. Die Tabelle 1 behandelt den Einfluß der Auffüllhöhe.

Zu den Verſuchen in Tab. 2 bis 3, welche den Einfluß erheblicher Unterſchiede in der Röhrchenweite behandeln, iſt zu bemerken, daß hier noch nicht die ſpäter (Tab. 5) erzielte Genauigkeit in der Ausmeſſung der Röhrchenweite erreicht war, und die betreffenden Angaben noch mit einem Fehler von ± 0,03 mm behaftet ſind. Der jetzige Fehler bei derartigen Meſſungen beträgt nur ± 0,01 mm.

Nichtsdeſtoweniger iſt die Mittheilung der unter den erwähnten Umſtänden erhaltenen Ergebniſſe als werthvoll angeſehen worden, weil der Einfluß erheblicher Abweichungen in den Röhrchenweiten (bis zu 0,05 mm) auf die in erſter Linie in Frage kommenden Ausflußzeiten der Öle in genügender Weiſe aufgeklärt wurde.

Im Einzelnen iſt zu den Verſuchen in den Tab. 1—3 noch Folgendes zu bemerken:

Zur Beſtimmung des Einfluſſes der verſchiedenen Auffüllhöhen (Tab. 1) wurden von mehreren verſchieden zähflüſſigen Oelen verſchiedene Raummengen unter Abwägung des Oeles in die Apparate eingefüllt und die Ausflußzeiten feſtgeſtellt. Unter Berückſichtigung der Weite des cylindriſchen Ausflußgefäßes entſprechen etwa 8 ccm Oel einer Höhe von 1 mm. Die Verſuche zeigen, daß ſich bereits ein Fehler von 5 ccm = 0,5 mm Höhenunterſchied in ziemlich erheblicher Weiſe bemerkbar macht. Die Fehler der Auffüllung bei der üblichen Einfüllungsweiſe bis zu den Spitzen ſchwanken, wie aus den Verſuchen in Tab. 2 zu er-

[1]) Die Verſuchsanſtalt hat auch an einem ihrer einfachen Englerſchen Apparate das äußere Bad zu einem Dampfmantel umgewandelt, um Cylinderöle bei ſehr hohen Wärmegraden (180° C) bequem prüfen zu können. Als Siedeflüſſigkeit dient Anilin. Auf den Mantel wird ein Allihnſcher Kühler aufgeſetzt. Apparate für derartige Verſuche müſſen hart gelöthet ſein.

Eine größere Reihe von Vorverſuchen ergab, daß man auf die angegebene Weiſe ohne Beläſtigung des Experimentirenden durch Dämpfe und unter Erzielung ſehr zuverläſſiger Werthe arbeitet.

[2]) Bezüglich der Fehler der Längenabmeſſungen ſind zwar keine ſyſtematiſchen Unterſuchungen ausgeführt worden, doch haben die bisherigen Verſuche keinen Anhalt dafür gegeben, daß die gewöhnlichen Abweichungen der Länge der Röhrchen ± 0,1 mm gegen die vorgeſchriebene Länge nennenswerthe Abweichung in den Ausflußzeiten veranlaſſen.

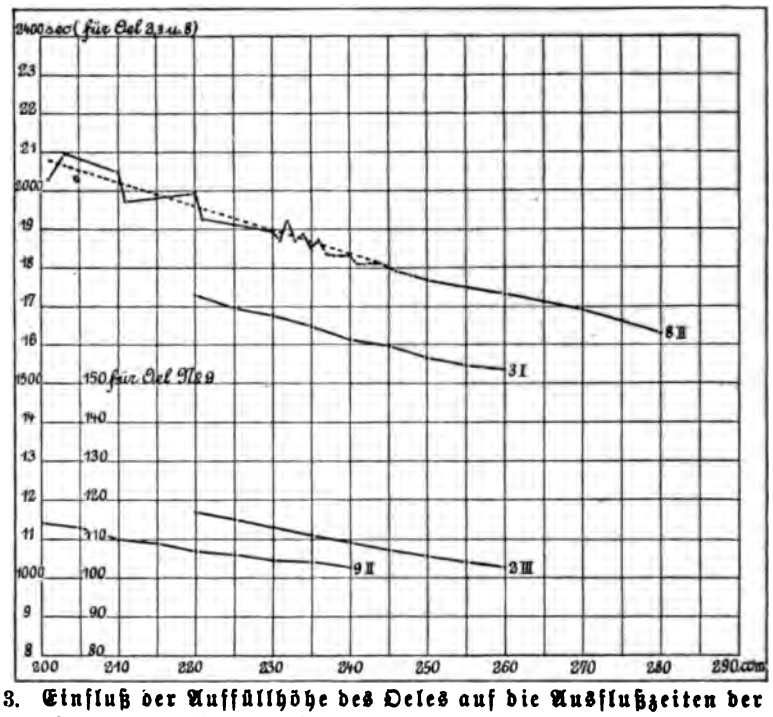


Fig. 3. Einfluß der Auffüllhöhe des Oeles auf die Ausflußzeiten der Oele.
Ausflußzeiten geordnet nach wachſenden Auffüllhöhen (durch ccm ausgedrückt) 2, 3, 8 u. 9 Mineralöle; I, II und III Zeichen der Apparate.
Die Sterne in der Schaulinie von Oel Nr. 8 bezeichnen Einzelverſuche.

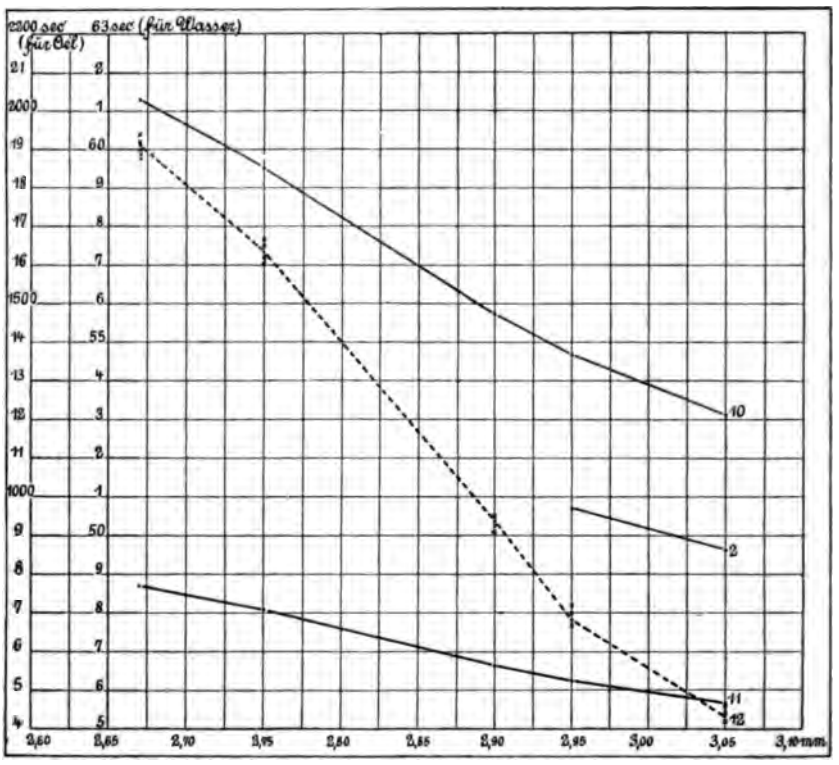


Fig. 4. Einfluß der Röhrenweite auf die Ausflußzeiten von Waſſer und Oel.
Ausflußzeiten geordnet nach wachſenden Röhrenweiten 2, 10 und 11 Mineralöle; 12 deſtill. Waſſer.
Die Sterne bei den Schaulinien für Waſſer bedeuten die Einzelbeſtimmungen.

ſehen iſt, und ſich auch bei den laufenden Unterſuchungen zeigte, meiſtens nur zwiſchen 0 und ± 3 ccm, in ganz vereinzelten Fällen bis zu ± 5 und ± 6 ccm. Die Ergebniſſe in Tab. 1 ſowie eine Reihe von Beobachtungen, welche bei den laufenden Antragprüfungen mit dünnflüſſigen und dickflüſſigen Oelen gemacht wurden und in den Protokollen verzeichnet ſind, zeigen, daß für je 5 min. Geſammtausflußzeit des Oeles, ein Auffüllungsfehler von 1 ccm etwa 1 sec. Fehler in der Ausflußzeit bedingt. Da man nun bei den üblichen Flüſſigkeitgrad-beſtimmungen den Unterſchied der wirklich eingefüllten Oelmenge gegenüber der vorgeſchriebenen Auffüllungsmenge durch Meſſung des ausgefloſſenen Oeles im Kolben unter Schätzung der im Apparate zurückbleibenden Oelmenge berechnen kann, ſo iſt man auch auf Grund der obigen Ergebniſſe in der Lage, die Fehler der Auffüllung durch Anbringung der erwähnten Zeitkorrektur pro ccm und je 5 min. Ausflußzeit des Oeles auf das kleinſte Maß herabzumindern.

Die in Tab. 1 und 2 mitgetheilten Ergebniſſe ſind in den Fig. 3 und 4 in Schaulinien dargeſtellt.

Tabelle 1.

Einfluß der Auffüllhöhen auf die Ausflußzeiten im Englerſcheu Apparat.

Nr. des Öles	Laufende Nr. des Verſuchs	Gewicht und Menge des Öles im Viskoſimeter	Abweichung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec. Einzelwerthe	Ausflußzeit in sec. Mittel	Abweichungen der einzelnen Beſtimmungen gegen das Mittel in sec.	Abweichungen der einzelnen Beſtimmungen gegen das Mittel in %	Flüſſigkeitgrad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Waſſer von 20 C° = 15)	Abweichungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
1. Apparat Nr. III Waſſerwerth 52,7	1	221,5 g = 240 ccm	0	1093	1092	1	0,1	1,38	—
	2			1090		2	0,2		
	3			1092		0	0		
	4	216,9 g = 235 ccm	— 5	1100	1110	10	0,9	1,40	1,5
	5			1116		6	0,5		
	6			1114		4	0,4		
	7	212,3 g = 230 ccm	— 10	1125	1128	3	0,3	1,43	3,6
	8			1130		2	0,2		
	9			1130		2	0,2		
	10	207,7 g = 225 ccm	— 15	1149	1145	4	0,3	1,45	5,1
	11			1143		2	0,2		
	12			1142		3	0,3		
	13	203,1 g = 220 ccm	— 20	1165	1168	3	0,3	1,48	7,2
	14			1171		3	0,3		
	15			1168		0	0		
	16	226,1 g = 245 ccm	+ 5	1074	1072	2	0,2	1,36	1,5
	17			1071		1	0,1		
	18			1071		1	0,1		
	19	230,7 g = 250 ccm	+ 10	1064[1])	1054	10	0,9	1,33	3,6
	20			1046		8	0,8		
	21			1052		2	0,2		
	22	235,3 g = 255 ccm	+ 15	1038	1040	2	0,2	1,32	4,3
	23			1041		1	0,1		
	24			1040		0	0		
	25	239,9 g = 260 ccm	+ 20	1019	1023	4	0,4	1,29	6,5
	26			1026		3	0,3		
	27			1024		1	0,1		

Bemerkungen: 1) Wärme ein wenig zu niedrig.

Tabelle 1. (Fortſetzung.)

Nr. des Öles	Laufende Nr. des Verſuchs	Gewicht und Menge des Öles im Viskoſimeter	Abweichung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Beſtimmungen gegen das Mittel		Flüſſigkeitgrad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Waſſer von 20 C° = 15)	Abweichungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzelwerthe	Mittel	in sec.	in %		
2. Apparat Nr. I Waſſerwerth 51,6	1	222,4 g	0	1619	1616	3	0,2	2,09	—
	2	=		1611		5	0,3		
	3	240 ccm		1617		1	0,1		
	4	217,8 g	— 5	1619[1])	1644	25	1,5	2,12	1,4
	5	=		1653		9	0,5		
	6	235 ccm		1659		15	0,9		
	7	213,1 g	— 10	1668	1678	10	0,6	2,17	3,8
	8	=		1683		5	0,3		
	9	230 ccm		1684		6	0,4		
	10	208,5 g	— 15	1697	1698	1	0,1	2,19	4,8
	11	=		1699		1	0,1		
	12	225 ccm		1697		1	0,1		
	13	203,85 g	— 20	1725	1728	3	0,2	2,23	6,7
	14	=		1724		4	0,2		
	15	220 ccm		1736		8	0,5		
	16	227,0 g	+ 5	1589	1599	10	0,6	2,07	1,0
	17	=		1602		3	0,2		
	18	245 ccm		1606		7	0,4		
	19	231,7 g	+ 10	1568	1564	4	0,3	2,02	3,3
	20	=		1556		8	0,5		
	21	250 ccm		1567		3	0,2		
	22	236,3 g	+ 15	1548	1543	5	0,3	1,99	4,8
	23	=		1535		8	0,5		
	24	255 ccm		1545		2	0,1		
	25	240,9 g	+ 20	1518	1516	2	0,1	1,96	6,2
	26	=		1511		5	0,3		
	27	260 ccm		1519		3	0,2		
3. Apparat Nr. II Waſſerwerth 51,6	1	217,9 g	0	1826	1830	4	0,2	2,36	—
	2	= 240 ccm		1835		5	0,3		
	3	217,0 g = 239 ccm	— 1	1828	1828	—	—	2,36	0
	4	215,2 g = 237 ccm	— 3	1836	1836	—	—	2,37	0,4
	5	213,3 g = 235 ccm	— 5	1846	1846	—	—	2,39	1,3
	6	211,5 g = 233 ccm	— 7	1864	1864	—	—	2,41	2,1
	7	209,7 g = 231 ccm	— 9	1870	1870	—	—	2,42	2,5
	8	200,6 g = 221 ccm	— 19	1924	1924	—	—	2,49	5,5

[1]) Wärme ein wenig zu hoch.

Tabelle 1. (Fortſetzung.)

Nr. des Öles	Laufende Nr. des Verſuchs	Gewicht und Menge des Öles im Viskoſimeter	Abweichung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Beſtimmungen gegen das Mittel		Flüſſigkeitgrad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Waſſer von 20 C° = 15)	Abweichungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzelwerthe	Mittel	in sec.	in %		
3. Apparat Nr. II Waſſerwerth 51,6	9	191,6 g = 211 ccm	− 29	1977	1977	—	—	2,55	8,1
	10	182,6 g = 201 ccm	− 39	2033	2033	—	—	2,63	11,4
	11 12	219,7 g = 242 ccm	+ 2	1810 1800	1805	5 5	0,3 0,3	2,33	1,3
	13 14	221,5 g = 244 ccm	+ 4	1803 1810	1807	4 3	0,2 0,2	2,33	1,3
	15 16	223,4 g = 246 ccm	+ 6	1790 1795	1793	3 2	0,2 0,1	2,32	1,7
	17 18	225,2 g = 248 ccm	+ 8	1780 1780	1780	0 0	0 0	2,30	2,5
	19 20	227,0 g = 250 ccm	+ 10	1772 1760	1766	6 6	0,3 0,3	2,28	3,4
	21 22 23	236,1 g = 260 ccm	+ 20	1732 1740 1735	1736	4 4 1	0,2 0,2 0,1	2,24	5,1
	24 25 26	245,2 g = 270 ccm	+ 30	1685 1680 1705	1690	5 10 15	0,3 0,6 0,9	2,18	7,6
	27 28 29	254,2 g = 280 ccm	+ 40	1648 1615 1610	1624	24 9 14	1,5 0,6 0,9	2,10	11,0
	30	216,1 g = 238 ccm	− 2	1830	1830	—	—	2,36	0
	31	214,3 g = 236 ccm	− 4	1870	1870	—	—	2,42	2,5
	32	212,5 g = 234 ccm	− 6	1882	1882	—	—	2,43	3,0
	33	210,7 g = 232 ccm	− 8	1920	1920	—	—	2,48	5,1
	34 35	208,8 g = 230 ccm	− 10	1890 1905	1898	8 7	0,4 0,4	2,45	3,8
	36 37	199,8 g = 220 ccm	− 20	2010 1980	1995	15 15	0,8 0,8	2,58	9,3
	38 39	190,7 g = 210 ccm	− 30	2060 2045	2053	7 8	0,3 0,4	2,65	12,3
	40 41	184,3 g = 203 ccm	− 37	2095 2100	2098	3 2	0,1 0,1	2,71	14,8

Tabelle 1. (Fortſetzung.)

Nr. des Öles	Laufende Nr. des Verſuchs	Gewicht und Menge des Öles im Viskoſimeter	Abweichung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Beſtimmungen gegen das Mittel		Flüſſigkeitgrad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Waſſer von 20 C° = 15)	Abweichungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzelwerthe	Mittel	in sec.	in %		
4. Apparat Nr. II Waſſerwerth $51_{,4}$	1 2	208,5 g = 240 ccm	0	103 102	103	0 1	0 1	0,13	—
	3 4	204,2 g = 235 ccm	— 5	104 104	104	0 0	0 0	0,13	0
	5 6	109,9 g = 230 ccm	— 10	105 105	105	0 0	0 0	0,14	0,8
	7 8	195,6 g = 225 ccm	— 15	106 106	106	0 0	0 0	0,14	0,8
	9 10	191,3 g = 220 ccm	— 20	107 107	107	0 0	0 0	0,14	0,8
	11 12	187,0 g = 215 ccm	— 25	109 108	109	0 1	0 0,9	0,14	0,8
	13 14	182,7 g = 210 ccm	— 30	110 110	110	0 0	0 0	0,14	0,8
	15 16	178,4 g = 205 ccm	— 35	113 113	113	0 0	0 0	0,15	1,5
	17 18	174,1 g = 200 ccm	— 40	115 114	115	0 1	0 0,9	0,15	1,5

(Siehe Tab. 2 u. 3 S. 9—11.)

Eine Reihe von Umſtänden hatte nun dazu geführt, die oben unter 3. angeführten Fehler der Aichung der Apparate mit Waſſer zu ſtudiren.

(Siehe Tab. 4 S. 12 u. 13.)

Wie die Zuſammenſtellung einer Zahl von Aichungen der Apparate mit Waſſer (ſiehe Verſuchsreihengruppe I und III in Tab. 4) gezeigt hatte, waren die Unterſchiede der an einem Tage auf einem Apparate ausgeführten Beſtimmungen der Ausflußzeiten von Waſſer gegen die früheren Fehler der Aichungen (ſiehe „Mittheilungen“ 1888 Ergänzungsheft 3 S. 16) im Allgemeinen erheblich zurückgegangen. Dieſer Fortſchritt war durch ſchärfere Berückſichtigung der Wärme, der Reinheit und der Benetzung des Röhrchens, der Ruhe des Waſſers vor dem Ausfließenlaſſen erreicht worden. Indeſſen wurden doch in einzelnen Fällen auch am gleichen Tage größere Unterſchiede in der Ausflußzeit auf dem gleichen Apparate bemerkt, beſonders aber ſchien der Waſſerwerth des Apparates im Laufe der Zeit erheblichen (bis zu 4 %) betragenden Aenderungen unterworfen zu ſein, wie aus Tab. 4 zu erſehen iſt, während bei wiederholten Unterſuchungen von gut verſchloſſen aufbewahrten Oelen auf demſelben Apparate zu verſchiedenen Zeiten faſt völlig gleiche Werthe erhalten wurden. Die letztere Wahrnehmung hatte dazu geführt, die Apparate wiederholten Vergleichen mit Mineralölen, die gegen Lufteinflüſſe geſchützt waren, zu unterziehen, und auch bei der Aichung eines neuen Apparates die mit ihm erhaltenen Ausflußzeiten von Mineralölen mit dem Normal-Apparat der Verſuchs-Anſtalt zu vergleichen. Wie die neueren Verſuche in der Tab. 5 zeigen, iſt die Verſuchs-Anſtalt nun durch eine Reihe weiterer Verſuche an im Ganzen 8 Viskoſimetern der Erklärung der erheblichen Abweichungen der Aichung mit Waſſer näher gekommen.

(Siehe Tab. 5 S. 14 u. 15.)

Tabelle 2.

Änderungen der Ausflußzeiten von Wasser und Oelen im Englerschen Viskosimeter bei veränderter Weite der Ausflußröhre.

Die neben den Ausflußzeiten der Öle angegebenen rund eingeklammerten Zahlen geben die Auffüllungsfehler in ccm, die eckig eingeklammerten Zahlen die entsprechenden Korrekturen in sec. an.

Abmessungen der Platinröhrchen in mm.			Ausflußzeit des Wassers in Sekunden		Ausflußzeit des Mineralöls 11 in Sekunden			Ausflußzeit des Mineralöls 10 in Sekunden			Ausflußzeit des Mineralöls 2 in Sekunden		
Länge	Weite oben unten	Differenz zwischen oben und unten	Einzelbestimmungen	Mittel	Einzelbestimmung	Mittel	Flüssigkeitsgrad bezogen auf Wasser von 20 C°	Einzelbestimmung	Mittel	Flüssigkeitsgrad bezogen auf Wasser von 20 C°	Einzelbestimmung	Mittel	Flüssigkeitsgrad bezogen auf Wasser von 20 C°
20	2,73 2,60 Mittel 2,67	0,13	60,4 60,0 60,0 60,0 60,1 60,4 59,8 60,2 60,2 59,9	60,10	789 (−6) [−18] 769 (+1) [+ 3]	772	12,85	2023 (0) 2031 (0)	2027	33,73	—	—	—
20	2,8 2,7 Mittel 2,75	0,10	57,2 57,6 57,1 57,5 57,2 57,5 57,3 57,6	57,38	717 (+1) [+3] 709 (−1) [−3] 704 (+1½) [+5]	712	12,41	1867 (−2½) [−15] 1839 (+2½) [+15]	1853	32,29	—	—	—
20	2,96 2,83 Mittel 2,90	0,13	50,5 50,3 50,5 50,2 50,5 50,4	50,40	564 (+1) [+3] 561 (+1) [+3]	566	11,23	1484 (−2) [−10] 1478 (+1) [+5]	1479	29,35	—	—	—
20	3,0 2,89 Mittel 2,95	0,11	48,3 48,1 48,0 48,0 47,9 48,0	48,05	523 (+1½) [+5] 528 (0)	528	10,99	1362 (+1) [+4] 1387 (−5) [−20]	1367	28,45	972 (+1) [+3] 973 (0)	974	20,27
20	3,1 3,0 Mittel 3,05	0,1	45,2 45,4 45,2 45,5 45,4 45,4 45,4	45,36	464 (+1) [+2] 467 (0)	467	10,30	1207 (+½) 1214 (−½)	1211	26,70	858 (+1) [+3] 865 (−1½) [−5]	861	18,98

Tabelle 8.

Vergleichung Englerſcher Viskoſimeter mit verſchiedener Röhrchenweite.

Bemerkung: Diejenigen Verſuche, bei denen keine beſonderen Angaben über die Zeit der Verſuchsausführung gemacht ſind, wurden zwiſchen 7. und 22. März 1892 ausgeführt.

Apparat Nr.	Abmeſſungen des Ausflußröhrchens: Weite mm oben	Weite mm unten	Länge mm	Abweich. d. Ablaufzeit v. 240 ccm geg. diejen. bei norm. Auffüllhöhe ccm	Nr. des Öles	Wärmegrad beim Verſuch	Waſſerwerth sec	Ausflußzeiten sec: Einzelwerthe	Mittel	Abweichung der Einzelwerthe gegen Mittel sec	△m sec %	fe Flüſſigkeitsgrad bezogen auf Rüböl von 20° (Rüböl zu Waſſer = 15 : 1)	% Abweichung gegen die Beſtimmung im Apparat III. (März 1892): Ausflußzeiten	fe	Bemerkungen
III	2,9	2,8	20,0	— 4	1	20	52,5	1859 1852	1856	+ 3 — 4	0,2	2,36	—	0	
					1	50	"	326 328	327	— 1 + 1	0,3	0,42	—	0	
					2	20	"	1094 1097	1096	— 2 + 1	0,2	1,39	—	0	
					3	"	"	1673 1673	1673	0 0	0	2,12	—	0	
					4	"	"	1638 1630	1634	+ 4 — 4	0,2	2,07	—	0	
					4	"	52,7	1621 1610 1617	1616	+ 5 — 6 + 1	0,3	2,04	—	(1,4)	Alte Beſtimmung Ende Oktob. 1891.
					5	"	52,5	322 323	323	— 1 0	0,2	0,41	—	0	
					6	"	"	3828 3808	3818	+ 10 — 10	0,3	4,45	—	0	
					6	"	52,8	3802	3802	0	0	4,80	—	(1,0)	Alte Beſtimmung Anfg. Dez. 1891.
					7	"	52,5	5477 5533	5505	+ 28 — 28	0,5	6,99	—	0	
					7	"	52,7	5481 5505	5493	— 12 + 12	0,2	6,95	—	(0,7)	Alte Beſtimmung Ende Oktob. 1891.
I	2,9	2,8	20	— 4	2	20	51,6	1083 1078	1081	+ 2 — 3	0,2	1,39	1,4	0	
					2	"	"	1067 1075	1071	— 4 + 4	0,4	1,39	2,3	0	Alte Beſtimmung Ende Oktob. 1891.
					3	"	"	1648 1639	1644	+ 4 — 5	0,3	2,13	1,7	0,5	
					3	"	"	1594 1600	1597	— 3 + 3	0,2	2,06	4,5	(2,8)	Alte Beſtimmung Ende Oktob. 1891.
					4	"	"	1604 1616	1610	— 6 + 6	0,4	2,07	1,5	0	
					5	"	"	317 316	317	0 — 1	0,2	0,41	1,9	0	
					5	"	"	314 314	314	0	0	0,41	2,8	0	Alte Beſtimmung Ende Oktob. 1891.
					6	"	"	3792 3724	3758	+ 34 — 34	0,9	4,85	1,6	0,1	
					7	"	"	5382 5405	5394	— 12 + 11	0,2	6,97	2,0	0,3	

Tabelle 3 (Fortſetzung).

Apparat Nr.	Abmeſſungen des Ausflußröhrchens: Weite mm oben	Weite mm unten	Länge mm	Abweich. d. üblich. Auffüll. v. 240 ccm geg. dieſen. d. norm. Auffüllhöhe ccm.	Nr. des Öles	Wärmegrad des Verſuches	Waſſerwerth sec.	Ausflußzeiten sec. Einzelwerthe	Mittel	Abweichung der Einzelwerthe gegen Mittel sec.	△m sec. %	ke Flüſſigkeitgrad bezogen auf Rüböl von 20° Rüböl zu Waſſer = 15 : 1)	% Abweichung gegen die Beſtimmung im Apparat III. (März 1892) Ausflußzeiten	ke
V	3,0	2,8	20,0	+2	1	20	49,9	1675 1668	1672	+ 3 — 4	0,2	2,23	9,9	5,8
					2	„	„	988 981	985	+ 3 — 4	0,3	1,31	10,1	5,8
					6	„	„	(3657 3608)	(3633)	+ 24 — 25	0,7	4,85	(4,8)	(0)
					6	„	„	3446 3430	3438	+ 8 — 8	0,2	4,59	10,0	5,4
VI	3,0	2,8	20,0	+1,5	2	20	50,8	1001 990	996	+ 5 — 6	0,6	1,31	9,1	5,8
					3	„	„	1515 1513	1514	+ 1 — 1	0,1	1,99	9,5	6,1
					4	„	„	1480 1455	1468	+ 12 — 13	0,8	1,93	10,2	6,7
					6	„	„	3607 3543	3575	+ 32 — 32	0,9	4,69	6,4	3,3
VII	3,0	2,8	19,9	+4	3	20	50,7	1554 1580	1567	— 13 + 13	0,8	2,06	6,3	2,8
					5	„	„	297 301 299	299	— 2 + 2 0	0,4	0,39	7,4	4,9
					7	„	„	5115 5070	5093	+ 22 — 23	0,4	6,69	7,5	4,3
VIII	3,0	2,8	19,7	+1	1	20	50	1680 1677	1679	+ 1 — 2	0,1	2,24	9,5	5,1
					1	50	„	292 296	294	— 2 + 2	0,7	0,39	10,1	7,1
					2	20	„	1013 998	1006	+ 7 — 8	0,7	1,34	8,2	3,6
					4	„	„	1470 1469	1470	0 — 1	0	1,96	10,0	5,3
					7	„	„	5037 5015	5026	+ 11 — 11	0,2	6,67	(8,7)	3,2

Tabelle

Überſicht über die früheren Aichungen der

Apparat Nr.		III							
Waſſer von 20 C°	Verſuchsreihe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Datum	6./IV. 91	20./V. 91	9./VI. 91	20./VII. 91	11./IX. 91	17./IX. 91	30./X. 91	2./XII. 91
	Ausflußzeiten Einzelwerthe sec. (Bei den rund eingeklammerten Verſuchen war der ausfließende Strahl unruhig.)	51,0 51,0 51,0 51,2 51,0 51,0 50,8 51,0 51,0 51,0	51,2 51,0 51,1 51,5 51,4 51,8 51,8 51,9 51,9 51,8	51,2 51,0 51,4 51,0 51,2 51,4 52,0 51,8 52,0 51,6	51,6 51,3 51,5 52,5 51,4 51,7 51,6 51,8 51,7 52,0	51,0 52,8 52,6 52,9 52,3 52,3 52,7 52,3 52,3 52,0 52,0 52,0	51,6 52,0 52,2 52,0 52,3 52,4 52,8 52,8 52,9 52,2 (53,6) (53,6) (53,8)	52,7 52,9 52,9 53,3 53,6 53,4 53,3 53,0 53,4 53,2	52,7 52,8 52,5 52,3 52,2 (53,2) 52,8 53,0 52,9 53,1 52,5 (53,3)
	Mittel	51,0	51,5	51,4	51,7	52,3	52,3	53,2	52,8

Öle	Art des Öles	a. Rohes Rüböl			b. Helles Mineral-			
	Wärmegrad C°	49,8			19,9			20
	Verſuchsreihe	1	2	3	1	2	3	4
	Datum	29./XI. 91	17./V. 92	3./VI. 92	Mitte I. 92	18./V. 92	21./X. 92	20./X. 92
	Ausflußzeiten Einzelwerthe sec.	235 235	234 234	235 233	1588	1583 1574	1588	1567 1567
	Mittel	235	234	234	1588	1579	1588	1567

Bei wiederholten Feſtſtellungen der Ausflußzeiten von Waſſer zeigte ſich nämlich, daß die bisher zuweilen beobachteten Unterſchiede von 1—2 sec. in den Einzelbeſtimmungen oder in den Mitteln aus zu verſchiedenen Zeiten ausgeführten Verſuchen auf dem gleichen Apparat, bis auf wenige Zehntel Secunden herabgemindert werden können, wenn man der Benetzung des Ausflußröhrchens und Reinigung von etwa vorhandenen Fettſchichten noch höhere Sorgfalt widmet, als es bisher für nothwendig erachtet wurde.

Um den vollſtändigſten Benetzungszuſtand für Waſſer im Ausflußröhrchen zu erreichen, iſt es erforderlich, nach gehöriger Reinigung des Apparates mit Aether, Alkohol und Fließpapier vor jeder Verſuchsreihe einen blinden Ausflußverſuch mit Waſſer vorzunehmen, dieſen vor jedem Einzelverſuch durch nur kurzes Auslaufenlaſſen des Waſſers zu wiederholen und außerdem noch unmittelbar vor Beginn eines jeden Verſuches das Röhrchen durch ganz kurzes Lüften des Stiftes ſoweit mit Waſſer zu füllen, daß letzteres an der unteren Mündung des Ausflußröhrchens hervortritt.

Zuweilen genügt der einmalige blinde Verſuch vor Beginn einer Verſuchsreihe noch nicht völlig, um ſchon bei dem nächſten Verſuch, auch nach Innehaltung der oben angegebenen beſonderen Benetzungsvorſchriften, genügende Benetzung herbeizuführen. Es zeigt ſich dies,

4.
Englerſchen Apparate mit Waſſer und Ölen.

III							I						
9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7
25./I. 92	31./III. 92	8./VI. 92	22./VIII. 92	20./X. 92	14./XII. 92	11./II. 93	28./VIII. 91	5./IV. 92	2./VI. 92	22./VIII. 92	20./X. 92	14./XII. 92	11./II. 93
52,4	52,0	51,8	51,4	51,9	51,6		51,2	51,0	51,8	50,6	51,0	51,2	
52,0	52,0	51,8	51,4	51,2	51,4	52,8	51,2	51,2	51,0	50,8	51,0	50,8	51,3
52,6	51,8	52,0	51,6	51,2	52,0	51,8	51,0	51,0	51,4	51,3	51,4	51,8	51,5
52,4	51,8	51,8	51,7	51,3	51,4	51,6	51,2	51,2	51,8	50,7	50,5	51,2	50,9
52,4	51,6	52,0	51,4	51,6	51,3	51,5	50,8	51,4	51,8	51,2	51,5	51,6	51,1
52,2	52,0	52,0	52,0	51,9	51,3	52,2		51,0	51,8	51,1	50,4	50,7	51,1
52,0	52,2	52,2	51,6	51,4	52,0	51,6		51,6	51,4	51,2	51,1	50,9	
52,2	52,4	52,4	51,4	51,6	51,7	51,3		51,4	51,2	51,3	50,9	51,4	
52,2	51,8	52,4	51,3	51,6	51,4	51,5		51,6	51,2	51,1	50,9	51,0	
52,0	52,9	52,4	51,7	51,6	51,6	51,3		51,8	51,4	51,4	50,7	51,6	
				51,2		51,6		52,0*)					
52,2	52,0	52,1	51,6	51,5	51,6	51,7	51,1	51,3	51,5	51,1	50,9	51,2	51,2

öl I	b. Helles Mineralöl II					a. Rohes Rüböl			b. Helles Mineralöl I		
20	19,9			20		49,8		50	19,9	20	
5	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3
II. 93	15./III. 92	17./V. 92	3./VI. 92	21./X. 92	II. 93.	25./VIII 91	17./V. 92	20./X. 92	3./VIII. 92	21./X. 92	5./II. 93
1580	605	610	612	605	613	234	231	230	1564	1546	1550
1583	605	610	607	605	611	230	231	230	1558	1546	1555
1582	605	610	610	605	612	232	231	230	1561	1546	1553

wie aus den Ergebniſſen der beifolgenden Tabelle hervorgeht, darin, daß der erſte Verſuch zuweilen etwas höhere Ausflußzeit ergiebt als die folgenden. Man iſt natürlich berechtigt, dieſen erſten zu hoch ausfallenden Verſuch auszuſchalten. Auch iſt ſorgfältig zu vermeiden, daß der ausfließende Strahl in Folge vorhergehender Bewegung des Waſſers im Apparat irgendwie unruhig wird. Ferner iſt es nothwendig, zu den Aichungen mit Waſſer ſtets einen beſonderen Verſchlußſtift anzuwenden, weil nach Benutzung der Stifte mit Oel die letzten Theile des Oeles auch nach wiederholter Reinigung mit Aether ꝛc. nicht zu entfernen ſind.

Hat man nun auf die vorgeſchriebene Weiſe eine Verſuchsreihe von etwa 3—4 bis auf 0,4 sec. übereinſtimmenden Verſuchen ausgeführt, ſo iſt es erforderlich, den Apparat noch einmal ſorgfältig mit Alkohol und Aether ꝛc. zu reinigen, und dann eine gleiche Verſuchsreihe, wie die oben beſchriebene, auszuführen. Ergeben ſich hierbei dieſelben Zahlen, wie bei der erſten Verſuchsreihe, ſo iſt man ſicher, daß das Röhrchen vollſtändig rein von Fetthäutchen war, und der ſo gefundene Werth kann alsdann ſpäteren Unterſuchungen als der richtige Waſſerwerth zu Grunde gelegt werden. Das Gleichbleiben der Ausflußzeit

*) Bei dieſer Beſtimmung war etwas Öl in das Waſſer gelangt.

Tabelle

Ausflußzeiten von Waſſer und Ölen bei 20 C° in den hieſigen Viskoſi-

V. A. Nr. des Apparates	Abmeſſungen der Ausflußröhr. mm: Weite oben	Weite unten	Länge	Deſtill. Waſſer von 20 C° sec.: Datum	Einzelwerthe	Mittel	Öl I: Datum	Einzelwerthe	Mittel	Flüſſigkeitsgrad (Waſſer v. 20 C° = 1)
IX	2,936 2,93(2) 2,934	2,826 2,826 2,828	19,90	3.—4./VIII. 1893	49,4. 49,1. 49,0. 49,3. 49,0.	49,2	3./VIII. 1893	570 569	570	11,6
				19./VIII. 1893	(51,6) 49,2. 49,2. 50,2. 49,4. 49,4.	49,5				
				7./XII. 1893	49,4. 49,4. 49,1. 49,4	49,3	22./XII. 1893	569 564	567	11,5
				21./XII. 1893	49,5. 49,4. 49,1. 48,9. 49,2. 49,0.	49,2				
X	2,935	2,826	20,00	4./VIII. 1893	49,5. 49,0. 49,5. 49,4. 49,4	49,4	4./VIII. 1893	568 572	570	11,5
				22./XII. 1893	(51,3. 51,0. 51,2. 51,3. 50,8)	(51,1)				
	2,934	2,826	19,95	22./XII. 1893	nach nochmaliger Reinigung: (49,8) (49,7) 49,3. 49,6. 49,6. 49,3. 49,6.	49,5	22./XII. 1893	568 564	566	11,4
				22./XII. 1893	nochmals gereinigt: (50,0) 49,6. 49,5. 49,6. 49,5.	49,55				
I völlig normale Rohrweite	2,896	2,813	19,90	13.—14./X. 1893	50,6. 50,3. 50,4. 51,2. 50,5 50,4.	50,6	22./XII. 1893	583 585	**584**	11,6
	2,896	2,811		5./XII. 1893	50,6. 51,0. 51,0. 50,8	50,8				
				21./XII. 1893	50,2. 50,7. 50,4. 50,5. 50,7. 50,7.	50,5				
III	2,899	2,805	20,00	6./XI. 1893	50,9. 51,2. 51,2. 51,4. 51,0.	51,1	19./XII. 1893	594 600	597	11,7
				5./XII. 1893	(52,1. 52,1. 52,5. 51,8. 51,8)	(52,1)				
	2,896	2,804		20./XII. 1893	50,9. 50,9. 50,9. 50,9.	50,9				
	2,891	2,801		21./II. 1894	51,3. 51,0. 50,9. 50,6. 51,0. 51,1. 51,1. 51,1. 51,1.	51,0				
VII	2,861	2,790	19,95	16./XII. 1893	51,5. 52,1. 51,9.	51,8	18./XII. 1893	623 621	622	12,0
				21./XII. 1893	51,8. 52,0. 51,8.	51,9				
	3,861	2,788		10./I. 1894	51,9. 51,5. 52,1. 51,8. 51,7. 52,1. 52,0.	51,87				
VIII	2,855	2,785	20,00	16./XII. 1893	52,2. 51,7. 52,2. 51,7.	51,9	18./XII. 1893	624 628	626	12,0
				19./XII. 1893	52,5. 52,2.	52,35				
				20./XII. 1893	52,2. 52,3. 52,2.	52,2				
	2,855	2,785		10./I. 1894	52,4. 52,3. 52,4. 52,4.	52,4				
				27./VI. 1894	52,0. 53,0. 52,0. 52,1. 52,4. 52,5. 52,6. 52,6. 52,65.	52,4				
VI	2,856	2,784	20,00	16./XII. 1893	(55,0)(55,0)53,0.52,6.52,8.53,6.53,5.53,3.	53,1	16./XII. 1893	624 628	626	11,9
				19./XII. 1893	52,4. 53,5. 52,4. 54,4. 54,6***	53,46				
				20./XII. 1893	(54,4) (54,8) 52,5. 52,5. 52,4. 52,3. 52,3.	52,4				
	2,856	2,783		10./I. 1894	52,3. 52,3. 52,5	52,4				
				27./VI. 1894	52,8.52,8.52,7.52,5.52,45.52,8.52,9.52,9.	52,7				
V	2,851	2,784	20,00	18./XII. 1893	52,8. 52,4. 52,8	52,7	18.-19./XII. 1893	635 632	634	12,0
				21./XII. 1893	52,4. 52,5. 52,8. 52,7. 52,8.	52,6				
	2,851	2,781		10./I. 1894	(53,1.) 52,6. 52 7. 52,8.	52,7				

5.

metern, geordnet nach fallenden Weiten der Ausflußröhrchen.

Öl II.				Öl III				Bemerkungen	
Datum	Einzelwerthe	Mittel	Flüſſigkeitgrad (Waſſer von 20 C° = 1)	Datum	Einzelwerthe	Mittel	Flüſſigkeitgrad (Waſſer von 20 C° = 1)	zu den einzelnen Apparaten	allgemeine
3./VIII. 1893	1487 1486	1487	30,2	—	—	—			Bei den Aichungen mit Waſſer wurde die zu der normalen Auffüllhöhe nöthige Menge Waſſer aus den Meßgefäßen in den Apparat eingegoſſen. Bei den mit Spitzen verſehenen Apparaten IX, X, I und III wurde das Öl bis zu den Spitzen, bei den noch nicht mit Spitzen verſehenen Apparaten V, VI, VII und VIII wurde nach Feſtſtellung der zur normalen Auffüllhöhe nöthigen Flüſſigkeitmenge das Öl aus Meßgefäßen eingefüllt. Die nach den Verſuchen feſtgeſtellten Auffüllungsfehler ſchwankten faſt durchweg höchſtens um ± 3 ccm gegen die normale Auffüllhöhe. Bei den in der Tabelle angegebenen Ausflußzeiten der Öle ſind bereits die Korrekturen für die Auffüllungsfehler angebracht.
22./XII. 1893	1493 1495	1494	30,4	29.—30. XII. 1893	2349 2338	2344	47,6		
4./VIII. 1893	1500 1498 1496	1498	30,3	—	—	—	—		
22./XII. 1893.	1503 1505	1504	30,4	29.—30. XII. 1893	2345 2346	2346	47,4		
21./XII. 1893	1546 1547	**1547**	**30,6**	29.—30. XII. 1893	2437 2425	**2431**	**48,1**	—	
19./XII. 1893	1582 1582	1582	31,1	30./XII. 1893	(2523) * (2446) ** 2476 2474	2475	48,6	*) Hier iſt ein Ableſungsfehl. anzunehmen. **) Wiederholte Temperaturſchwankungen nach oben und unten von etwa 0,1°.	
20./XII. 1893	1652 1647	1650	31,9	29./XII. 1893	2585 2592	2589	50,0	—	
20./XII. 1893	1662 1665	1664	31,9	29./XII. 1893	2608 2606	2607	49,9	—	
16./XII. 1893	1663 1671	1668	31,8	29./XII. 1893	2605 2615	2610	49,8	***) Nach Schluß dieſer Verſuchsreihe wurden Spuren von Ölhäutchen im Apparat bemerkt.	
20.—21. XII. 1893	1682 1683	1683	31,9	29./XII. 1893	2614 2622	2618	49,7	—	

von Waſſer nach wiederholter Reinigung der Apparate iſt alſo erſt der zuverläſſige Maßſtab für die völlige Entfernung aller Fetttheilchen aus dem Röhrchen. Einen treffenden Beweis für die Richtigkeit dieſes Vorgehens lieferte eine der kürzlich ausgeführten Aichungen des Apparates 710, bei welchem nach Benutzung mit Oel trotz darauffolgender gehöriger Reinigung ein um faſt 2 sec. höherer Waſſerwerth als früher gefunden wurde. Erſt nach wiederholter Reinigung wurde der frühere niedere Waſſerwerth wieder gefunden, der ſich ſchließlich nach nochmaliger Reinigung in gleicher Höhe ergab. Je vollſtändiger der Apparat gereinigt iſt, um ſo kleiner und gleichzeitig um ſo beſſer übereinſtimmend werden die Ausflußzeiten von Waſſer.

Auch das Verhalten des Apparates VI ſpricht für die Nothwendigkeit der Beſtimmung der Ausflußzeit nach wiederholter Reinigung.

Wie die Verſuche zeigen, waren bei Apparat VI, deſſen Röhrchen ebenſo wie bei Apparat V, VII und VIII erſt kürzlich friſch aufgeſchliffen worden war, die meiſten Einzelverſuche und Reinigungen erforderlich, um einen gleichmäßigen Zuſtand der Röhrchenflächen und völlige Benetzung mit Waſſer zu erreichen, während dieſer Zuſtand bei allen anderen Apparaten bedeutend früher eintrat.

Im Allgemeinen werden zur Feſtſtellung eines höchſtens ± 0,2 Secunden Fehler in ſich ſchließenden Waſſerwerthes eines Zähigkeitmeſſers 2 aus je 3 Einzelverſuchen beſtehende, nach obigen Geſichtspunkten auszuführende Verſuchsreihen genügen.

Alle Verſuche ſeit dem 20. Dezember 1893 wurden in der beſchriebenen Weiſe ausgeführt.

In der Tab. 5 ſind die Ergebniſſe der Fließverſuche mit den einzelnen Apparaten nach fallender Röhrchenweite geordnet. Die Röhrchenweiten bewegen ſich um die vorgeſchriebenen normalen Weiten (2,90 mm oben und 2,80 mm unten) herum zwiſchen 2,93 mm oben und 2,83 mm unten einerſeits und 2,86 mm oben und 2,78 mm unten andererſeits. Trotzdem aber die Unterſchiede in den Röhrchen-Abmeſſungen der Apparate höchſtens 0,07 mm und gegen die normale Weite nur 0,04 mm betragen, läßt ſich noch genau beobachten, daß die Ausflußzeiten ſowohl von Waſſer wie von Oel durchgängig mit fallenden Weiten der Röhrchen wachſen.

Bei den Apparaten V, VI, VII, VIII, welche in der Verſuchsanſtalt mit gleicher Reibahle auf die faſt genaue gleiche Weite aufgerieben waren, differiren die Ausflußzeiten von Waſſer höchſtens um 1,5 %, die Ausflußzeiten der gleichen Oele um 2 %. Verſuche mit dieſen vier Apparaten ergaben einen höchſten Unterſchied in den Flüſſigkeitgraden von nur 0,8 %.

Nach den mitgetheilten Ergebniſſen könnten 50 bis 52 Secunden als äußerſte Grenzwerthe für Apparate von genau normaler Röhrchenweite angenommen werden, eine Annahme, welche bei der hier inzwiſchen erfolgten Aufreibung der Apparate V, VI, VII und VIII auf thunlichſt normale Röhrchenweite in der entſprechenden Veränderung der Ausflußzeiten für Waſſer ihre Beſtätigung gefunden hat.

Aus den vorangehend feſtgeſtellten Beziehungen der Ausflußzeiten von Waſſer und Oelen zu geringen, jedoch noch gut meßbaren Abweichungen der Röhrchenweiten ſind die folgenden Schlußfolgerungen für die Feſtſetzung der Abmeſſung der Röhren gezogen.

Die Röhrchenweite iſt auf 2,90 oben und 2,80 mm unten feſtzuſetzen und durch Mittelbildung aus 3 Verſuchen zu beſtimmen. Als zuläſſiger Fehler wäre ± 0,01 anzunehmen. Die Kontrole für die dem Normalapparate entſprechende Beſchaffenheit der Röhrchenwandungen kann in ausreichender Weiſe durch die Vergleichung der Ausflußzeit von Waſſer in der oben erläuterten Weiſe und von zähflüſſigem Mineralöl erbracht werden, da ſich bei ſämmtlichen hier befindlichen 8 Apparaten das völlige Parallelgehen der Ausflußzeiten der

verſchieden zähflüſſigen Oele und des Waſſers ergeben hat. Die Aichung mit Waſſer kann dem Intereſſenten jederzeit als Kontrole für den Apparat dienen. Es ſteht zu erwarten, daß wenn alle Englerſchen Apparate mit gleicher Reibahle aufgerieben und wie vorſtehend kontrolirt werden, der bisher etwa ± 1,5 % betragende Maximalfehler der Flüſſigkeitgradbeſtimmung auf ± 0,5 % herabgemindert werden wird.

Auf Grund der vorſtehenden Unterſuchungen über die Fehlerquellen des Englerſchen Apparates, deren Ergebniſſe der Großherzoglichen Verſuchs-Anſtalt zu Karlsruhe inzwiſchen behufs Vereinbarung über die Aichung der Zähigkeitsmeſſer mitgetheilt worden ſind, hat die Verſuchs-Anſtalt nun Vorſchriften für die Zähigkeitsbeſtimmungen, insbeſondere für die Aichungen und Kontrole der Zähigkeitsmeſſer bei den laufenden amtlichen Unterſuchungen ausgearbeitet. Dieſe Vorſchriften ſind in der Anlage 1 niedergelegt.

Inwieweit die erzielte Verſchärfung der Genauigkeit der Flüſſigkeitgradbeſtimmungen von Nutzen für die Behandlung wiſſenſchaftlicher Fragen geweſen iſt, wird ſich bei den ſpäter zu beſprechenden vergleichenden Unterſuchungen über den Einfluß minderwerthiger Zuſätze auf die Eigenſchaften von Schmierölen zeigen.[1])

b) Die Prüfung der Konſiſtenz der Oele in der Kälte.

In den früheren Veröffentlichungen[2]) und in den Tabellen 6 und 7 ſind Verſuche mitgetheilt, welche zur Ermittlung der Fehlerquellen bei der Konſiſtenzbeſtimmung der dunklen Mineralſchmieröle in der Kälte gedient haben. Bei dieſen Verſuchen ſind, wie aus obigen Veröffentlichungen und den Tabellen 6 und 7 hervorgeht, gleichzeitig die verſchiedenen Verfahren zur Beſtimmung der Konſiſtenz in der Kälte einer vergleichenden Unterſuchung unterzogen worden, wobei auch auf die Prüfung verſchiedener Miſchöle, aus deutſchen und ruſſiſchen Fabrikaten beſtehend, Rückſicht genommen wurde.

(Siehe Tab. 6 u. 7 S. 18—20.)

Die Ergebniſſe der geſammten Verſuche laſſen ſich wie folgt zuſammenfaſſen:

Zur Prüfung der Konſiſtenz der Oele in der Kälte bedarf man einer länger andauernden Abkühlung des Materials, wenn man zuverläſſige Ergebniſſe erhalten will. Bei Mineralölen wird daher das Oel wenigſtens eine Stunde, bei fetten Oelen wenigſtens vier Stunden abgekühlt[3]); bei erſteren darf das Material während der Abkühlung nicht bewegt werden, bei letzteren wird man zweckmäßig eine Probe unter zeitweiliger Bewegung eine andere, ohne Bewegung im Oel zu verurſachen, abkühlen, weil ſich nämlich bei einigen fetten Oelen z. B. Rüböl, Senfſaatöl ſchnelleres Erſtarren zeigte, wenn die Proben bewegt wurden.[4])

Das von den Eiſenbahnen vorgeſchriebene Verfahren zur Prüfung des Gefriervermögens der Mineralſchmieröle (Beobachtung des Aufſtiegs der Oele im 6 mm weitem U-Rohr unter Einwirkung eines Luftdrucks = 50 mm Waſſerſäule) giebt ebenſo wie das früher allein in der Verſuchs-Anſtalt benutzte Verfahren (Beobachtung des Fließvermögens im 15 mm weiten Reagensglas) im Allgemeinen befriedigende Reſultate. Wurden die Oele freilich

[1]) Während der Bearbeitung dieſes Berichtes wurden Verſuche darüber ausgeführt, inwieweit die Ausflußzeiten kleiner Flüſſigkeitmengen, z. B. 50 oder 100 ccm bei verſchiedenen Oelen in geſetzmäßiger Beziehung zu den Ausflußzeiten von 200 ccm Oel ſtanden. Die Verſuche ergaben bei Oelen, von welchen 200 ccm im Englerſchen Apparat 5 min. und darüber floſſen, daß die Ausflußmenge proportional der Ausflußzeit war. Die Verſuche wurden im Uebrigen wie gewöhnlich vorbereitet.

[2]) „Mittheilungen" 1890, S. 53 und 1892, S. 126.

[3]) Siehe indeſſen noch neuere Verſuche unter 5 bis 8 ſtündiger Abkühlung „Mittheilungen" 1895 S. 7.

[4]) Siehe „Mittheilungen" 1889, S. 119.

gerade in der Nähe des Uebergangspunktes aus dem flüſſigen in den ſtarren Zuſtand geprüft, ſo wurde in vereinzelten Fällen bei dunklen Oelen, ſowohl nach der einen als auch nach der anderen Methode Abweichungen gefunden, als deren Urſache einerſeits geringe ungleichartige Pech- oder Paraffinabſcheidungen, andererſeits Wärmeeinflüſſe vor der Abkühlung bei Prüfungen zu verſchiedenen Zeiten angeſehen werden können. Der letztere Punkt iſt inzwiſchen einer eingehenden Prüfung unterzogen worden. Ueber die hierbei gefundenen Ergebniſſe wird

Tabelle 6.

Vergleichende Unterſuchungen über Miſchungen von ruſſiſchen und deutſchen Mineralölen bei den Kälteproben im Reagensglas und im U-Rohr.

Lfde. Nr. der Miſchungsgruppe	Urſprung des zur Miſchung benutzten deutſchen Oles	Angaben über den Zuſatz an ruſſiſchem Öl		Verhalten im 6 mm U-Rohr 50 mm Druck		Verhalten im 15 mm weiten Reagensglas		Bemerkungen
		Öl-Nr.	% Gehalt	Wärme C°	Aufſtieg mm	Wärme C°	Konſiſtenz	
1	Elſäſſiſch	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	Die mit † bezeichneten Proben wurden in 13 bis 14 mm weiten Gläſern geprüft.
			65		7		—	
			70		>10		fließend	
			80		22		—	
			80		23		—	
		B	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	Diejenigen U-Rohr-Proben, bei denen als Anſtieg >10 angegeben iſt, waren nur 1/2 Min. dem Drucke von 50 mm Waſſerſäule ausgeſetzt.
						— 4,8 bis — 5,2	Desgl.†	
		C	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	
						— 4,8 bis — 5,2	Desgl.†	
2	Elſäſſiſch	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	Die Öle A, B und C waren bei — 15 C° im Reagensglas leicht fließend.
			65		0		—	
			70		>10		ſehr langſam fließend	
			80		8		—	
			80		11		—	
		B	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	
		C	50		0	— 5,0 bis — 5,1	1) nicht fließend 2) Desgl.†	
3	Ölheim	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	
			65		0		—	
			70		>10		ſehr ſchwer fließend	
			80		10		—	
			80		15		—	
		B	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	
		C	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	
						— 4,8 bis — 5,2	Desgl.†	

Tabelle 6. (Fortſetzung.)

Lfde. Nr. der Miſchungsgruppe	Urſprung des zur Miſchung benutzten deutſchen Öles	Angaben über den Zuſatz an ruſſiſchem Öl		Verhalten im 6 mm U-Rohr 50 mm Druck		Verhalten im 15 mm weiten Reagensglas		Bemerkungen
		Nr.	% Gehalt	Wärme C°	Aufſtieg mm	Wärme C°	Konſiſtenz	
4	Ölheim	—	0		0		nicht fließend	
		A	25		0		—	
			30				—	
			30	— 5,0 bis — 5,1	>10	— 5,0 bis — 5,1	ſchwer fließend	
			40				—	
			40		1) 18		—	
			50		2) 20*		—	* Probe 2 wurde 4 Tage ſpäter als Probe 1 geprüft.
			50	— 14,8 bis — 15,2	0		—	
			75		2		—	
		B	50	— 5,0 bis — 5,1	16	— 5,0 bis — 5,1	fließend	
		C	50	— 5,0 bis — 5,1	11	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	fließend ſehr ſchwer fließend†	Die mit † bezeichneten Proben wurden in 13 bis 14 mm weiten Gläſern geprüft.
5	Ölheim	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	an 2 aufeinander folgenden Tagen beſtimmt.
			65		0		—	
			70		>10		ſchwer fließend	
			80		12		—	
			80		13		—	
		B	50		0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend	
		C	50		0	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	nicht fließend Desgl.†	

ſpäter ausführlich berichtet werden. In einigen Fällen konnten die Urſachen für die Abweichungen bei Wiederholungsverſuchen nicht mit Sicherheit ermittelt werden. Die Undurchſichtigkeit des Materials ſetzt der ſicheren Beobachtung hier erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Der Einfluß von Wärmeänderungen auf die Abſcheidungen feſter Kohlenwaſſerſtoffe in dunklen Oelen iſt ziemlich verwickelt, und bei den Prüfungen der Konſiſtenz der Oele in der Kälte nur ſchwierig ganz zu berückſichtigen.[1])

[1]) Bei Aufſtiegen der Oele im U-Rohr, welche 20 mm erheblich überſchreiten, kann die Vergleichbarkeit der Einzelverſuche nicht immer erwartet werden, weil in ſolchen Fällen durch die 2,3 bis 2,5 cm unter der Auffüllmarke befindliche Biegungsſtelle Luft in das Oel gelangen und dieſes hochſchleudern kann. Dieſem Mangel des Apparates iſt zwar durch Benutzung einer höheren Oelſäule zu begegnen, doch werden alsdann bei den einzelnen Oelen weſentlich niedrigere Werthe als bisher erhalten werden, weshalb dann auch die Lieferungs-Bedingungen eine entſprechende Aenderung erfahren müßten.

Tabelle 7.

Vergleichung der Ergebniſſe der Kälteprobe im U-Rohr und im Reagensglas von 15 mm Weite.

Verſuche Ende 1893—1894.

Lfd. Nr.	Wärmegrad C°	Aufſtieg im U-Rohr mm	Reagensglas: Zahl der Proben	Reagensglas: Conſiſtenz	Bemerkungen
1	— 3	—	2	flüſſig	* Schon bei — 12° geprüft, dann auf Zimmerwärme gebracht.
	— 5	0 2	2	erſtarrt	
	— 8,5	0 0	2	desgl.	
2	— 5	17 21	2	flüſſig	
	— 8,5	11 12		erſtarrt	
3	— 5	13 14	2	flüſſig	
	— 8	—	2	erſtarrt	
	— 8,5	6 6	2	desgl.	
4	— 9	9 12	—	—	
	— 10	7 8,5	1*	erſtarrt	
	— 12	1 2	1	desgl.	
	— 13,8	2 2,5	—	—	
	— 15	0 0	—	—	
5	— 15	0 5	—	—	4./XII. 93.
	— 15	5	—	—	8./XII. 93.
	— 15	—	1	nicht fließend bis eben fließend	11./XII. 93.
6	— 15	10 12	—	—	4./XII. 93.
	— 15	—	1	ſchwer fließend	11./XII. 93.
7	— 9 bis — 9,5 10 Min.—8	10 10	—	—	
	— 10	8,5 9	1*	erſtarrt	* Schon bei —12° geprüft, dann auf Zimmerwärme gebracht.
	— 12	4 1	1	desgl.	
	— 13,8	2 1,5	1	desgl.	
	— 15	0 0	—	—	
8	— 15	5 2	—	—	4./XII. 93.
		5			8./XII. 93.
	— 15	—	1	nichtfließend bis eben fließend	11./XII. 93.
9	— 5	12 14	2	flüſſig	
10	— 5	4 5	2	1. Probe nicht fließend bis eben fließend 2. Probe eben fließend	
11	— 10	6 6	2	1. Probe fraglich; 2. Probe eben fließend	1./XII. 93.
		—			
	"	—	2	eben fließend	30./XI. 93.
		—			
12	0	0,5 2,0	2	ſehr ſchwer fließend	17./IV. 94.
	"	—	2	ſchwer fließend	9./IV. 94.
	— 5	0	2	erſtarrt	"
	"	0 0	2	desgl.	17./IV. 94.
13	— 15	9 9	2	nichtfließend bis eben fließend	

Wenn auch die Verſuchsausführung bei der Prüfung im U-Rohr, wie ſie ſ. Z. von den preußiſchen Bahnen auf Grund von Vorſchlägen der Verſuchs-Anſtalt für die Lieferungsbedingungen vorgeſchrieben wurde, ein wenig umſtändlicher iſt als die früher von der Verſuchs-Anſtalt befolgte Prüfung der Oele im Reagensglas, ſo hat es die Verſuchs-Anſtalt doch im Intereſſe der Einheitlichkeit des Verfahrens und in Anbetracht der im Allgemeinen nicht ungünſtigen Erfahrungen mit der U-Röhrchenprobe für zweckmäßig erachtet, auch ihrerſeits die Prüfung im U-Rohr allgemein für die amtlichen Unterſuchungen der Mineralſchmieröle anzuwenden.

In den meiſten Fällen liefern beide Kälteproben, d. h. im U-Rohr und im Reagensglas, untereinander übereinſtimmende Ergebniſſe, ſoweit die Beurtheilung des Fließvermögens bei einem beſtimmten Wärmegrad in Frage kommt. In einzelnen Fällen (Nr. 2, 3, 4, 7 in Tab. 7) indeſſen finden ſich Abweichungen, wobei ſich die Oele im U-Rohr in Folge des weſentlich höheren Druckes bei der Prüfung trotz geringerer Rohrweite günſtiger verhalten als im Reagensglas; es ſind dies wiederum ſolche Proben, welche ſich bei der Prüfungswärme auch im U-Rohr in der Nähe des Erſtarrungspunktes befinden, wie der meiſt nur geringe Anſtieg ergiebt. Ein Waſſergehalt der Proben bis zu mehreren Zehntel Prozent beeinflußte den Aufſtieg der Oele im U-Rohr in den meiſten Fällen nicht in ungünſtiger Weiſe.[1])

Geringe Abweichungen der Rohrweite bis $\pm$ 0,3 mm haben keinen Einfluß auf das Ergebniß der U-Röhrchenprobe gehabt.

Die Tabelle 6 zeigt den günſtigen Einfluß des Zuſatzes ruſſiſcher Fabrikate auf den Kältepunkt deutſcher Oele.

c) Das Ausdehnungsvermögen der Mineralſchmieröle verſchiedener Herkunft und fetter Oele.

In einer früheren Abhandlung[2]) ſind umfaſſende Unterſuchungen über das bis dahin noch wenig geprüfte Ausdehnungsvermögen der Mineralſchmieröle mitgetheilt. Abgeſehen von der dort bereits erörterten Bedeutung der gewonnenen Zahlen dürften die letzteren noch ein weiteres geeignetes Material bei Identitätsbeſtimmungen von Oelen darbieten. Die Unterſuchungen ſind nun inzwiſchen, und zwar z. T. in der Richtung, wie ſie ſchon am genannten Orte bezeichnet wurde, fortgeſetzt worden, ſodaß jetzt ein recht ausgiebiges Material über die Ausdehnungszahlen bei den meiſten der in Frage kommenden Oele vorliegt. Die neueren Unterſuchungen ſind in der Tab. 8 mitgetheilt; über ihre Ergebniſſe iſt in Ergänzung der früheren Verſuche Folgendes zu ſagen:

Unter den bei Zimmerwärme völlig flüſſigen Mineralſchmierölen zeigen die leichten Spindelöle die höchſten Ausdehnungszahlen. Bei kleineren Unterſchieden in den ſpecifiſchen Gewichten der Mineralöle ſind keine geſetzmäßigen Beziehungen zu den Ausdehnungszahlen zu beobachten. Weſentlich höhere Ausdehnungszahlen als die völlig flüſſigen Mineralſchmieröle zeigen alle diejenigen Oele, welche Paraffintheile in geringerer oder größerer Menge

[1]) In einigen Fällen hat ſich ſogar, wie in einer ſpäteren Veröffentlichung noch ausführlicher dargelegt werden wird, durch Beimiſchung von Waſſer zu Oelen bei tiefen Wärmegraden ein beſſeres Fließvermögen als bei den reinen Oelen ergeben. Zur näheren Beleuchtung dieſer an ſich auffallenden Erſcheinung ſei an die Verſuche Dufours (Arch. des sciences phys. et nat. durch Müller-Pouillet Lehrbuch der Phyſik) erinnert, welcher durch Emulgiren von Waſſer mit einer gleichſchweren Miſchung von Mandelöl und Chloroform das Waſſer bis auf — 20 C° abkühlte, ohne daß Erſtarren eintrat.

[2]) „Mittheilungen“ 1893 S. 45.

Tabelle

Vergleichende Übersicht über neuerdings bestimmte Ausdehnungs-

Laufende Nr. der Öle			1	2	3	4	5
Klassifizirung der Öle	Allgemeine		Leichtflüssige Mineralöle von hoher Entflammbarkeit		Zähflüssige Mineralschmieröle russischer Abkunft		
	Spezielle		Sicherheits-petroleum	Spindelöl, sog. Paraffinöl	rein	Nr. 3 Tabelle 9 Anlage 5 + 1% Paraffin	Nr. 3 dieser Tabelle + 1½% Paraffin
Äußere Erscheinungen			fast wasserklar, dünnflüssig	wasserklar, leichtflüssig, geruchlos	bräunlichgelb, klar, fluoreszierend mit blauem Schimmer	wie 3	wie 3
Spez. Gewicht × 1000	Wasser von 4 C⁰ = 1	20 C⁰	826	866	924	905	921
		15 C⁰	829	869	927	908	924
Flüssigkeitsgrad nach Engler bezogen auf Rüböl = 1, Rüböl zu Wasser von 20 C⁰ = 15 : 1 bei den Wärmegraden C⁰		20	0,11	0,38	2,36	2,59	2,16
		30	—	0,24	1,12	1,26	1,06
		40	—	0,17	0,59	0,68	0,55
		50	—	0,14	0,35	0,40	0,34
Konsistenz in der Kälte			Bei — 3 C⁰ nicht fließend, dünnsalbig	Bei — 10⁰ leicht fließend, klar	Bei — 5 C⁰ leicht-, bei — 15 C⁰ sehr schwer fließend	0⁰ nicht fließend. Fängt bei + 11 C⁰ an sich zu trüben	0⁰ nicht fließend. Fängt bei + 15 C⁰ an sich zu trüben
Mittlere Ausdehnungszahlen × 1000000 bestimmt zwischen den Wärmegraden C⁰ (siehe sonstige Bemerkungen)		20 und 34	820	745	712	701	716
		34 und 46	832	750	704	704	715
		46 und 61	—	—	704	701	709
		61 und 78	—	(782)	712	714	717
Sonstige Bemerkungen und Beobachtungen	Allgemeine		Die oben angegebenen Ausdehnungszahlen sind Ergebnisse Einheit betragenden Fehler in				
	Spezielle		—	Das Öl hat denselben Flüssigkeitsgrad und gleiche Ausdehnungszahl wie das Öl Nr. 16 Tab. 7 der Anlage Nr. 5.	—	—	—

8.

zahlen und weitere phyſikaliſche Eigenſchaften verſchiedener Öle.

6	7	8	9	10	11
Salbenartige Cylinderöle		Verſeifbare vegetabiliſche Öle			
ruſſiſch	amerikaniſch	Olivenöl	Erdnußöl	Mohnöl	Sonnenblumenöl
blaugrün im auffallenden Lichte, braunroth im durchfallenden Lichte, im Reagensglas undurchſichtig bis ſchwach durchſcheinend	grün im auffallenden, braunroth im durchfallenden Lichte, im Reagenglas durchſcheinend	ſchwach gelblichgrün, klar reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch
907 910	—	—	916 919	921 924	920 923
—	—	—	0,69	0,54	0,55
—	—	—	—	—	0,37
—	—	—	—	—	0,26
0,62	—	—	—	—	0,21
—	—	—	Bei 0° nicht fließend, ſchmalzartig	Bei — 15 C° klar fließend	Bei —5° klar fließend, bei — 10° getrübt fließend, — 18° ſchwer fließend, ſtark getrübt
777	876	763	772	744	746
—	776	749	746	746	742
—	—	745	751	748	—
714	716	754	756	754	763

je einer Beſtimmung und können daher mit größeren in der 6. bezw. mit geringem, eine der 5. Dezimalſtelle behaftet ſein.

—	Über Thierkohle filtrirtes Öl	Jodzahl 80,8 Verſeifungszahl 195	Jodzahl 101. Arachinſäure wurde nachgewieſen	Jodzahl 101. Das Mohnöl zeigt dieſelben phyſikaliſchen Eigenſchaften wie Sonnenblumenöl, dem es chemiſch auch völlig gleicht	Jodzahl 134. Das Öl wurde in der Verſuchs-Anſtalt ſelbſt aus Samen extrahirt

schwebend enthalten, weil das Paraffin beim Schmelzen in den Oelen eine erhebliche Ausdehnung erleidet. Die beiden Cylinderöle 6 und 7 erschienen freilich zwischen 20 und 60 C°, wo der starke Abfall der Ausdehnungszahlen stattfand, im Dilatometerrohr klar durchsichtig, so daß äußerlich ein Gehalt an schwebendem Paraffin nicht zu erkennen war. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß sich das Paraffin anfänglich in diesen Oelen nicht nur im schwebenden, sondern auch im kolloidal-gallertartigen Zustande vorfindet, und daß der fragliche Abfall in der Ausdehnungszahl der Oele auf dem Uebergang der letzteren aus dem kolloidalen Zustand in denjenigen einer Lösung beruht.

(Siehe Tab. 8 S. 22 u. 23.)

d) Das Brechungsvermögen der Oele bestimmt mit dem Abbé'schen Refraktometer.

Nach den Ergebnissen früherer Versuche hat sich gezeigt, daß sich die Brechungszahl in mehreren Fällen als geeignetes Unterscheidungsmittel zwischen verschiedenen Oelarten heranziehen läßt. Nachdem nun neuerdings mit dem von Jean und Amagat konstruirten Oleorefraktometer noch schärfere Unterscheidungsmerkmale zwischen Olivenölen und Samenölen von Jean[1]) und später von Oliveri[2]) festgestellt worden sind und die Möglichkeit vorhanden ist, daß mit Hülfe dieses Apparates die sonst üblichen umständlicheren chemischen Untersuchungen in einzelnen Fällen werden entbehrt werden können, ist in Aussicht genommen, ein ähnliches Instrument für die Zwecke der Versuchs-Anstalt zu beschaffen.

II. Die mechanische Prüfung der Schmiermittel.

Bei den laufenden in den letzten Jahren zu Anträgen und zum vorliegenden Bericht ausgeführten Prüfungen der Oele auf der Oelprobiermaschine wurde die früher[3]) beschriebene Versuchsausführung innegehalten. Hierbei fanden die zwischen den Flüssigkeitgraden und den Reibungszahlen der Oele früher festgestellten Beziehungen in der Regel ihre Bestätigung. Durch diese umfassenden Vergleiche wurde es in vielen Fällen erst möglich, aus der physikalischen und chemischen Untersuchung der Oele unter gleichzeitiger Berücksichtigung der inzwischen gesammelten allgemeinen Betriebserfahrungen ein Urteil über die Leistungsfähigkeit der Oele abzuleiten. Die fortgesetzte Hinzuziehung des Reibungsversuches erwies sich dann als nothwendig, wenn die zu untersuchenden Produkte in ihrer chemischen Natur erheblich von den bis dahin geprüften Produkten abwichen oder, wie z. B. manche kautschukhaltigen Oele und ähnliche Produkte, besondere physikalische Eigenthümlichkeiten zeigten, welche augenscheinlich durch den Flüssigkeitsgrad allein nicht zahlenmäßig ausgedrückt wurden und auf anderem Wege nicht meßbar waren. Auch in den Kreisen der Interessenten scheint sich diese Auffassung von dem Nutzen des Reibungsversuches weiteren Eingang verschafft zu haben, da besonders häufig neue Fabrikationsprodukte oder bisher noch nicht erprobte Oelmischungen zu Anträgen auf der Oelprobirmaschine zur Untersuchung gelangten.

Bei den zum vorliegenden Bericht ausgeführten vergleichenden Schmieröluntersuchungen wurden die Reibungsversuche, wie die späteren Kapitel zeigen werden, hinzugezogen, um den Einfluß

1. von verharzenden Oelen auf die Schmiereigenschaften nicht veränderlicher Oele,
2. von gelösten Asphaltstoffen,
3. von gelöstem Paraffin,

[1]) „Chimie analytique des matières grasses" 1892.
[2]) „Chem. Zeitung" 1893, 17, 180.
[3]) „Mittheilungen" 1889, Ergänzungsheft 5, S. 12.

auf die Schmiereigenſchaften reiner Oele zu ermitteln. Die Ergebniſſe der Reibungsverſuche entſprechen hier den Erwartungen, welche man an ſie auf Grund der vorangegangenen phyſikaliſchen und chemiſchen Unterſuchung der Miſchungen geknüpft hatte.

Es war ferner nothwendig geworden, auch für die Dampfcylinderöle, deren meiſt ſalbenartige oder ſehr dickflüſſige Konſiſtenz bei Zimmerwärme die Prüfung auf der Maſchine unter den üblichen Bedingungen nicht geſtattete, eine geeignete Verſuchsausführung feſtzuſtellen. Nach einigen Vorverſuchen wurde ſchließlich ein Wärmezuſtand von annähernd 80 C° im Zapfen und in den Lagerſchalen zur Feſtſtellung der Reibungszahlen für zweckmäßig erachtet. Zu weſentlich höheren Wärmegraden überzugehen war wegen der Schwierigkeit der Verſuchsausführung und in Rückſicht auf die gute Erhaltung des Verſuchszapfens nicht angängig. Die Wärme von 80 C° wurde durch faſt beſtändiges Einleiten von Waſſerdampf in den Hohlraum des Verſuchszapfens auf gleicher Höhe erhalten. Als Einheit für die Beurtheilung wurden die in gleicher Weiſe bei 80 C° ermittelten Reibungszahlen von Rüböl gewählt.

Die für die Bedürfniſſe der Praxis vor einigen Jahren vom Direktor der Anſtalt, Profeſſor A. Martens konſtruirte kleinere Oelprobirmaſchine[1]) hat ſich, wie eine Reihe von Aufträgen zur Prüfung derartiger Maſchinen in der Verſuchs-Anſtalt zeigt, in weiteren Kreiſen Eingang verſchafft.

Die Prüfung der Maſchine erſtreckte ſich auf

1. Prüfung der Hauptabmeſſungen und Konſtanten,
2. Einlaufenlaſſen des Zapfens mit Polirroth und Normalrüböl,
3. Ermittelung der Reibungszahlen für Normalrüböl.

Weiterhin hat ſich das Bedürfniß herausgeſtellt, die hieſige Maſchine zur Prüfung konſiſtenter Fette einzurichten. Eine Reihe von Aufträgen für derartige Unterſuchungen ſind bereits erledigt worden. Eine Beſchreibung der Einrichtung für dieſe Verſuche und die erzielten Ergebniſſe werden ſpäter veröffentlicht werden.

III. Chemiſche Zuſammenſetzung der Schmiermittel.

a. Unterſuchung zur Erkennung leichtflüchtiger Beſtandtheile durch Ermittelung des Flammpunktes.

Die Verfahren der Flammpunktbeſtimmung von Mineralſchmierölen ſind wiederholt vergleichenden Prüfungen unterzogen worden,[2]) ſo daß jetzt eine genügende Bekanntſchaft mit allen Fehlerquellen erzielt iſt. Da der Gegenſtand in den herangezogenen Arbeiten ausreichend beſprochen iſt, mag hier nur noch darauf hingewieſen werden, daß der von der Verſuchs-Anſtalt benutzte verbeſſerte Penskyſche Flammpunktprüfer in den letzten Jahren in eine Reihe techniſcher Verwaltungsbetriebe aufgenommen worden iſt. In der neueren Fachliteratur iſt der Apparat wiederholt für genauere Beſtimmungen empfohlen worden. Einige Verbeſſerungsvorſchläge in der Konſtruktion und Handhabung des Apparates werden demnächſt in den „Mittheilungen“ veröffentlicht werden.

b. Der Säuregehalt der Oele.

Bei Beſtimmung der freien Säure im Oel hat ſich die im Laufe der letzten Jahre regelmäßig benutzte vereinfachte Vorrichtung[3]) ſehr gut bewährt und eine erhebliche Erſparniß

[1]) „Mittheilungen“ 1890, S. 1.

[2]) „Mittheilungen“ 1889, S. 153, 1890, S. 53. — „Glaſers Ann. für Gew. u. Bauw.“ 1894, Nr. 409, S. 21. — „Dinglers polyt. Journ.“ 1895, 295, S. 189.

[3]) „Mittheilungen“ 1890, S. 78.

an Zeit durch die Vermeidung jeglicher Berechnung dargeboten. Eine umfaſſende Ueberſicht über den Säuregehalt pflanzlicher Oele iſt in den „Mittheilungen“ 1890, S. 78 gegeben. Hiernach ſollte man bei Abnahmebedingungen für rohes Rüböl nicht völlige Säurefreiheit vorſchreiben, ſondern einen gewiſſen Gehalt an freier Säure, 0,20 %, zulaſſen.

Auf eine neuerdings wiederholt verfolgte Fehlerquelle iſt hier noch aufmerkſam zu machen:

Bei einigen Oelen und Fetten, und zwar ausſchließlich ſolchen pflanzlichen und thieriſchen Urſprungs, zeigte ſich beim Titriren der alkoholiſch-ätheriſchen Löſung der Oele mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge unter Zuſatz von Phenolphtaleïn, daß nach eingetretener Rothfärbung der ganzen Flüſſigkeit nach kurzem Stehen der Löſung wieder Entfärbung eintrat. Wurde dann weiter Natronlauge bis zur Rothfärbung zugeſetzt, ſo trat wiederum nach kurzem Stehen Entfärbung ein; dieſer Vorgang konnte beliebig oft wiederholt werden. Mit anderen Worten — es läßt ſich auf die vorſtehend geſchilderte Art jeder beliebige Säuregehalt heraustitriren, wenn man nicht — wie es ja in der Regel auch wohl geſchehen wird — die erſte über die ganze Flüſſigkeit beim Schütteln ſich verbreitende Rothfärbung als Endpunkt der Neutraliſation der freien Säuren betrachtet. Das Verſchwinden der Rothfärbung iſt nun, wie mehrere Verſuche mit Talg und einem anderen thieriſchen Fett z. B. gezeigt haben, auf eine beim Stehen der ätheriſchen Oellöſung in Berührung mit dem Ueberſchuß an Lauge allmählig und beim Schütteln der Löſungen noch ſchneller vor ſich gehende Verſeifung zurückzuführen. Dagegen iſt es nicht etwa die Abſorption von Kohlenſäure aus der Luft, welche die völlige Neutraliſation des Alkaliüberſchuſſes und Entfärbung des Phenolphtaleïns bewirkt, da ſonſt Oele, welche nur unverſeifbare Beſtandtheile enthalten, z. B. Mineralöle, ähnliche Erſcheinungen wie die oben geſchilderten zeigen müßten, was aber nicht der Fall iſt. Bei Verſuchen mit einem thieriſchen Fett ging z. B. die Abſorption von Natronlauge auch bei gut verſchloſſenen Gefäßen in der ätheriſch-alkoholiſchen Löſung des Fettes nach Eintritt der erſten Rothfärbung vor ſich, ferner blieb die Rothfärbung beſtehen, wenn man den Säuregehalt durch heißes Ausziehen des Fettes mit Alkohol beſtimmte und den nach Abkühlung der Löſung filtrirten oder dekantirten alkoholiſchen Auszug titrirte. Der Alkohol löſt bekanntlich in der Kälte die freien Fettſäuren leicht, jedoch nur wenig von den Fettſäureeſtern. Die bei der Titration des alkoholiſchen Auszuges verbrauchte Menge Natronlauge entſprach ſtets derjenigen Menge Natronlauge, welche in der ätheriſch-alkoholiſchen Löſung des Fettes bis zur erſten vollſtändigen Rothfärbung der Flüſſigkeit zugeſetzt wurde — ein weiterer indirekter Beweis dafür, daß beim Stehen der ätheriſch-alkoholiſchen Fettlöſung mit überſchüſſiger Natronlauge Fett verſeift wird, nachdem die freie Säure neutraliſirt iſt. Da jene eigenthümliche und bisher in der Literatur kaum erwähnte Verſeifung mit verdünnter Lauge beſonders bei ſtark ſäurehaltigen und oxidirten reſp. polymeriſirten Oelen wiederholt beobachtet wurde, ſo erſcheint es nicht ausgeſchloſſen, daß gerade die Veränderungen, welche die Ester der Fettſäuren in derartigen Oelen erlitten haben, deren leichte Verſeifbarkeit bedingt. Die Unterſuchung dieſer Fragen iſt in Ausſicht genommen.

c. Der Waſſergehalt der Oele.

Nachdem in einer früheren Veröffentlichung die qualitative Prüfung der Oele auf Waſſer beſchrieben worden iſt,[1]) iſt auch kürzlich die quantitative Beſtimmung des Waſſers in den Schmierölen mit befriedigendem Erfolg in Angriff genommen worden. Die hauptſächlichſten bisherigen Angaben in der Literatur auf dieſem Gebiete laſſen ſich wie folgt zuſammenfaſſen:

[1]) „Mittheilungen“ 1889, S. 74.

Das zu untersuchende Produkt wird zur quantitativen Bestimmung des Wassers gewöhnlich in möglichst zweckentsprechender Art bis zur völligen Austreibung des Wassers erhitzt. Hierauf wird der Gehalt an Wasser entweder aus dem Gewichtsverlust der Substanz oder dem Gewicht des in geeigneter Weise aufgefangenen Wassers berechnet. Ueber die Art und Weise, wie das Erhitzen bezw. das Auffangen des Wassers vorgenommen werden soll, finden sich folgende Angaben:[1])

1. Nach Benedikt bringt man circa 5 g des Fettes in ein mit einem hineingestellten Glasstab gewogenes kleines Becherglas oder in eine Glasschale und trocknet unter öfterem Umrühren bei circa 100° bis zur Gewichtskonstanz.

2. Sonnenschein trocknet die Fette in einem mit einem doppelt durchbohrten Pfropfen verschlossenen Kölbchen. Durch die eine Bohrung geht ein gerades Glasrohr bis zum Gefäßboden, durch die andere ein rechtwinklig gebogenes, welches unter dem Pfropfen endet. Man verbindet nun das gerade Rohr mit einem Chlorkalciumrohr und saugt mittelst der Pumpe, welche man mit dem anderen Röhrchen verbindet, einen Strom getrockneter Luft hindurch, während man das Kölbchen auf dem kochenden Wasserbade erhitzt. Da flüssige Fette und Fettsäuren sich unter diesen Bedingungen rasch oxydiren, ist es zweckmäßiger, einen Strom getrockneter Kohlensäure durch den Apparat hindurchzutreiben.

3. Henzold empfiehlt, namentlich zur Bestimmung des Wassergehaltes in der Kuhbutter 20 g frisch ausgeglühten, im Exsickator erkalteten Bimstein in einer flachen Schale abzuwägen, 10—12 g Fett hinzuzufügen, umzurühren, bis das Fett geschmolzen ist und 2 Stunden, aber nicht länger, auf 100° zu erhitzen.

4. Künkler[2]) entwässert zunächst, um ganz geringe Mengen Wasser zu bestimmen, eine Probe des Fettes oder Oeles, indem er diese mit Chlorkalcium schüttelt, 24 Stunden stehen läßt und schließlich filtrirt. Von dem entwässerten wie dem wasserhaltigen Material wird je eine gleich große Probe in gleich großen Bechergläsern bei 100 bis 110° im Trockenschranke erhitzt, bis die wasserhaltige Probe nicht mehr schäumt, und hierauf gewogen. Der Unterschied des Gewichtsverlustes beider Proben ist der Gehalt an Wasser.

Sind außer Wasser zugleich hygroskopische Substanzen, z. B. Pottasche zugegen, ein Umstand, welcher freilich nur bei konsistenten Fetten eintreten dürfte, so kann man durch Trocknen bei 100 C° das Wasser nicht völlig austreiben. Man bestimmt alsdann nach Benedikt[3]) den Gehalt an Fettsubstanz, Verunreinigungen und Pottasche und findet den Wassergehalt aus der Differenz.

Wie schon aus vorstehenden Angaben der Literatur zu ersehen ist, werden die Bestimmungen des Wassers je nach den Eigenschaften der zu untersuchenden Fettmaterialien manchen Abänderungen unterworfen. — In der Versuchs-Anstalt interessirte besonders die quantitative Bestimmung des Wassergehaltes in den dunklen Mineralschmierölen, weil hier das bloße Ansehen des Probeöles, ein etwaiger Bodensatz ꝛc. in Verbindung mit der qualitativen Prüfung nicht so leicht wie bei hellen Oelen ein Urtheil über die vorhandenen Wassermengen zu bilden gestattete. Gleichzeitig interessirte die Frage, inwieweit es bei den dunklen dickflüssigen Produkten möglich ist, eine genaue Durchschnittsprobe zur quantitativen Wasserbestimmung zu erhalten, und bis zu welchem Prozentsatz sich ein Gehalt an Wasser qualitativ noch bemerkbar macht. Diese Gesichtspunkte wurden daher bei den nachfolgend beschriebenen in Tab. 9 mitgetheilten Versuchen besonders berücksichtigt.

[1]) „Analyse der Fette und Wachsarten" von Benedikt, 1892, S. 47.

[2]) „Die Maschinenschmierung, die Schmiermittel und ihre Untersuchung", Mannheim 1893.

[3]) „Analyse der Fette und Wachsarten" 1892, S. 47.

Tabelle

Quantitative Waſſer-

Die eingeklammerten Zahlen ſind Prozentmengen an Waſſer, wie ſie ohne Rückſicht auf

Lfde. Nr. des Öles	Äußere Erſcheinungen des Öles, Flammpunkt		% Gehalt an Waſſer zugeſetzt	Art der Probenentnahme	Angewendete Subſtanzmenge in g
	Leicht-bis ſchwerflüſſig, braun, durchſcheinend; ſchlammiger Bodenſatz. Flammpunkt im offnen Tiegel etwa 193 C °.	Urſprüngliches Öl.	—	Öl in Probeflaſche kräftig durchgeſchüttelt, dann Probe abgegoſſen.	15,5699
1	Leicht-bis ſchwerflüſſig; rothbraun; klar.	Entwäſſert durch Filtriren bei Zimmerwärme.	1,04 0,96 0,48	Öl und Waſſer im kleinen Meßcylinder gut durchgeſchüttelt und dann ſofort Proben abgegoſſen.	16,3654 9,0095 16,7593
2	Dickflüſſig, ſchwarzbraun, waſſerfrei. Flammpunkt im offenen Tiegel 183 C °.		1,09 1,09 1,09	1 Liter Öl in 2 Liter-Flaſche mit Waſſer kräftig durchgeſchüttelt und dann ſofort Proben entnommen, und zwar: Probe 1 von oben, Probe 2 aus der Mitte, Probe 3 vom Boden.	13,9360 16,1757 16,2288
3	Wie bei 2. Flammpunkt im offenen Tiegel 181 C °.		0,54 0,54 0,54 0,54	2 Liter Öl in einer 2 1/8 Liter-Flaſche mit Waſſer durchgeſchüttelt und einen Tag ſtehen gelaſſen*); dann Probe 1 nach einmaligem Umkehren der Flaſche von oben, Probe 2 und 4 nach ſtarkem Schütteln von oben, Probe 3 nach ſtarkem Schütteln von unten entnommen.	15,2447 15,9142 15,1584 22,5588
4	Wie bei 2. Flammpunkt im offenen Tiegel 182 C °.		0,11	Öl und Waſſer im kleinen Meßcylinder gut durchgeſchüttelt und dann ſofort Probe abgegoſſen.	46,4430
5	Leicht- bis ſchwerflüſſig, braun, durchſcheinend; ſchlammiger Bodenſatz. Flammpunkt im offenen Tiegel etwa 193 C °.		—	Öl in Probeflaſche gut durchgeſchüttelt; dann ſofort Probe abgegoſſen.	9,3534
6	Sehr ſchwerflüſſig, ſchwarzbraun.		—	Öl in Probeflaſche gut durchgeſchüttelt; dann ſofort Probe abgegoſſen.	30,1228
7	Sehr ſchwerfließendes, graugrünes, durchſcheinendes Cylinderöl. Flammpunkt über 250 ° im Penskyſchen Apparat.		—	Öl in Probeflaſche gut durchgeſchüttelt; dann ſofort Probe abgegoſſen.	18,7495

9.

beſtimmung in Ölen.

das mitverdampfende Öl durch den Gewichtsverluſt beim Erhitzen feſtgeſtellt wurden.

Zeit und Art des Erhitzens bis zum Verſchwinden des Schaums	Gewichtsverluſt beim Erhitzen in g	Verdampfte Ölmenge in g	% Gehalt an Waſſer, berechnet aus dem Geſamtgewichtsverluſt unter Abzug der verdampften Ölmenge	Qualitative Prüfung auf Waſſer	Sonſtige Bemerkungen und Beobachtungen
2 Stunden auf Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1650	0,0606	0,67 (1,06)	—	
2 Stunden auf Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,2317	0,0606	1,05		
1/4 Stunde auf Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1139	0,0343	0,88	—	
2 Stunden auf Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1370	0,0606	0,46		
1 Stunde auf Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,2454	0,0830	1,17 (1,76)		
"	0,2799	0,0913	1,16	—	
"	0,2754	0,0913	1,13		
1/2 Stunde auf dem Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1376	0,0594	0,51 (0,90)	Bildet ſtarke Emulſion; ſchäumt völlig aus dem Reagensglas heraus; ſtößt. Nach ruhigem Stehen etwa 3 Wochen ſpäter Probe von oben. Bildet ſtarke Emulſion; ſchäumt ſehr ſtark; ſtößt.	*) Nach 1tägigem Stehen waren im Öl beim Bewegen des letzteren in der Flaſche insbeſondere auch am Boden kein Waſſer zu erkennen. **) Verſuchsausführung ſiehe Künkler, die Maſchinenſchmierung, die Schmiermittel und ihre Unterſuchung, 1893, S. 186.
"	0,1427	0,0622	0,51		
"	0,1292	0,0594	0,46		
Im Becherglaſe 4 Stunden im Luftbad auf 105 bis 110 C° erhitzt; dann im Luftbad erkalten gelaſſen und am nächſten Tage nochmals 1/2 Stunde auf 105 bis 110 C° erhitzt.	0,2158	0,0850	0,58**		
25 Minuten auf Waſſerbad erhitzt.	0,1310	0,0700	0,13 (0,28)	Bildet Emulſion; ſchäumt mäßig ſtark; ſtößt ſchwach.	
5/4 Stunden auf dem Waſſerbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,0824	0,0362	0,49	—	
1/2 Stunde auf Waſſerbad und 10 Minuten im Luftbad.	0,0850	0,0544	0,10	Bildet ſchwache Emulſion; ſchäumt ſchwach; ſtößt nicht.	
35 Minuten auf Waſſerbad und 10 Minuten im Luftbad.	0,0190	0,0033	0,08	Bildet Emulſion; ſchäumt ſehr ſtark; ſtößt ſehr ſtark.	

Wie ſchon Vorverſuche nach den unter 1, 2 und 3 angeführten in der Verſuchs-Anſtalt noch wenig abgeänderten Methoden ergaben, iſt bei der Beſtimmung des Waſſergehaltes in Mineralſchmierölen ganz beſonders darauf Rückſicht zu nehmen, daß ſich beim Erhitzen der Oele nicht nur Waſſer, ſondern auch Oelſubſtanz in erheblicher Menge verflüchtigt. Dieſe Fehlerquelle iſt bei dem oben erwähnten Künkler'ſchen Verfahren in Rechnung gezogen. Es wurde daher ſchließlich die von Künkler vorgeſchlagene Verſuchsausführung gewählt, jedoch mit der Maßgabe, daß die Oele unter wiederholtem Rühren mit Glasſtab in cylindriſchen Glasſchalen auf dem Waſſerbade erhitzt wurden. Das von Künkler befolgte ruhige Erhitzen ohne Bewegung der Proben im Trockenſchranke bei 100 bis 110 C° würde, wie ſchon Verſuch 4 mit Oel 3 in der Tab. 9 zeigt, bedeutend zu lange Zeit in Anſpruch nehmen; z. B. dauert die Entfernung von 0,5 % Waſſer im Luftbade ohne Rühren 6mal ſo lange wie auf dem Waſſerbade unter Rühren. Das Rühren wird zweckmäßig in der waſſerfreien und waſſerhaltigen Probe, um thunlichſt gleiche Verdunſtungsverhältniſſe herbeizuführen, möglichſt gleich häufig vorgenommen. Der in der waſſerhaltigen Probe ſich bildende Schaum wird vermittelſt des Glasſtabes, welcher mit der Schale zuſammen abgewogen wird, an den Wandungen der Schale etwas emporgezogen und dort zerdrückt. Iſt der Schaum an der Oberfläche verſchwunden, ſo wird das ganze Oel nochmals ſo lange durchgerührt, bis ſchließlich auch nach mehreren Minuten kein Schaum mehr auftritt.

(Siehe Tab. 9 S. 28 u. 29.)

Wie die Tab. 9 zeigt, iſt die Genauigkeit der Beſtimmungen bei dem gewählten Verfahren eine recht befriedigende. Ferner zeigt ſich bei den Verſuchen unter laufender Nr. 2 und 3, daß ſich auch bei dickflüſſigen Oelen durch kräftiges Durchſchütteln mit Waſſer genügende Durchſchnittsproben erlangen laſſen. Der erſte Verſuch bei Oel 3 ergiebt, daß ſich auch nach eintägigem Stehen des Oeles und nur geringer Bewegung deſſelben vor der Probeentnahme der Waſſergehalt einer aus dem oberen Theil der Probeflaſche entnommenen Probe nicht geändert hat. Auch bei der qualitativen Prüfung konnte in einer nach dreiwöchentlichem ruhigen Stehen des Oeles von oben entnommenen Probe noch Waſſer nachgewieſen werden.

Die qualitativen Verſuche ließen einen Waſſergehalt bis zu 0,1 % herab erkennen; es ſollen aber auch über dieſe Frage noch weitergehende Verſuche mit verſchiedenen Materialien angeſtellt werden.

Schließlich ſei bemerkt, daß man bei hoch entflammenden, alſo ſchwer verdampfbaren Cylinderölen, wie zu erwarten war und ſich auch bei Oel Nr. 7 beſtätigte, die Korrektur für die verdampfende Oelmenge vernachläſſigen kann. Das Gleiche dürfte für die Waſſerbeſtimmung in fetten Oelen gelten, jedoch werden über dieſen Punkt noch, ebenſo wie über die ſonſtigen der Ergänzung bedürftigen Fragen der Waſſerbeſtimmung bei Mineralölen beſondere Unterſuchungen ausgeführt werden.

Bei allen Mineralwagen- und Maſchinenſchmierölen, welche im geſchloſſenen Penſky'ſchen Apparat gewöhnlich unter 190 C°, im Tiegel unter 210 C° entflammen, werden in Zukunft die Waſſerbeſtimmungen nach dem oben beſchriebenen Verfahren unter Anbringung der Korrektur für das verdampfende Oel ausgeführt werden. Wie die eingeklammerten Werthe in Tab. 9 zeigen, würde man bei derartigen Oelen durch Außerachtlaſſung der durch den blinden Verſuch ermittelten Korrektur erhebliche Fehler begehen.

d. Die Gegenwart von Harzöl in Schmierölen.

Ueber den qualitativen Nachweis von Harzöl in Schmierölen ist eine Reihe von vergleichenden Untersuchungen ausgeführt worden, deren Ergebnisse in den Mittheilungen veröffentlicht worden sind.[1]) Wie aus diesen Arbeiten zu ersehen ist, läßt sich der qualitative Nachweis von Harzöl bis zur Beimischung von wenigen Prozenten dieses Oeles in anderen Oelen bequem mittelst der Farbenreaktionen des Oeles und Beobachtung seiner physikalischen Konstanten durchführen. Bei den amtlichen Prüfungen haben sich nur in seltenen Fällen Verfälschungen mit Harzöl in den eingelieferten Oelen gezeigt. Die bisher noch wegen mangelnden unmittelbaren Bedürfnisses nicht in Angriff genommene quantitative Prüfung auf Harzöl wird den Gegenstand weiterer vergleichender Untersuchungen bilden.

e. Nachweis von Kautschuk in Schmiermitteln.

An einem zur amtlichen Prüfung eingereichten Produkt, einer Mischung von Mineralöl und Kautschuk, ist früher der qualitative und quantitative Nachweis von Kautschuk in Oelen erläutert worden.[2]) Bei später eingegangenen kautschukhaltigen Mineralölen ist auf die gleiche Weise, d. h. durch Zusatz von Alkohol zur ätherischen Lösung der Oele, der zugesetzte Kautschuk ausgefällt worden.

f. Untersuchungen über die Reinheit fetter Oele.

Eine zusammenfassende, im Auftrage des Herrn Ministers für geistliche, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten ausgeführte Arbeit über diesen Gegenstand ist im 1. Heft der „Mittheilungen" 1895, S. 1 veröffentlicht worden. Die sonstigen Veröffentlichungen der Versuchs-Anstalt über den gleichen Gegenstand finden sich in den „Mittheilungen" 1891 und 1892.

g. Specielle Untersuchung über die Reinheit von Mineralölen.

Die früheren Abhandlungen in den Mittheilungen 1892 S. 306; 1893 S. 261 und 1894 S. 31 behandeln den Nachweis von 1) verseifbaren Oelen, 2) Asphaltstoffen, 3) Entscheinungsmitteln in Mineralölen und zeigen, daß die Erkennung dieser Stoffe nunmehr selbst bei Anwesenheit geringer Mengen der genannten Stoffe in befriedigender Weise von statten geht.

4) Der Nachweis von Seifen in Mineralölen.

Nach neueren Mittheilungen in der Literatur sollen amerikanische Mineralöle zur Erhöhung ihrer Consistenz bisweilen einen Zusatz von Thonerdeseifen erhalten.[3]) Daß auch andere Metallseifen, z. B. Natronseife, wenigstens in geringer Menge (bei dunklen Oelen bis 2 %) in Mineralölen gelöst sein können, geht aus den früher mitgetheilten Versuchsergebnissen hervor. Irgendwie erhebliche Mengen von Seifen werden sich bereits beim Lösen der Oele in Benzin abscheiden. Da indessen unsere Kenntniß über die Löslichkeit der verschiedenen Seifen in Benzin oder ähnlichen Lösungsmitteln noch nicht genügend zahlen-

---

[1]) 1890 S. 19; 1891 S. 51.

[2]) „Mittheilungen" 1890, S. 308.

[3]) O. N. Witt, die chem. Industrie auf der columbischen Weltausstellung im Jahre 1893 „Chem. Industrie" 1894.

mäßig geſtützt iſt, ſo dürfte ein anderer ſicher zum Ziele führender Nachweis von in Mineralölen gelöſten Seifen erwünſcht ſein. Ein verhältnißmäßig einfacher und vorausſichtlich erfolgreicher Weg, den Gehalt an Seifen qualitativ und quantitativ in jeder Menge in Mineralöl nachzuweiſen, auf den meines Wiſſens in der Literatur bisher noch nicht hingewieſen worden iſt, ſei im Nachfolgenden beſchrieben. Das Verfahren iſt hier inzwiſchen erprobt worden. Wenn man ein, irgendwelche Seife in gelöſtem Zuſtande enthaltendes Oel mit verdünnter Salzſäure oder Schwefelſäure erhitzt, ſo muß alle vorhandene Seife, vorausgeſetzt daß genügend Mineralſäure angewendet wurde, zerſetzt werden. Wäſcht man alsdann, was in kurzer Zeit zu bewerkſtelligen iſt, die zur Zerſetzung der Seife benutzte überſchüſſige Säure und das gebildete Metallchlorid bezw. Sulfat mit Waſſer aus, ſo verbleibt nur ſämmtliche aus der Seife abgeſchiedene Fettſäure im Oel. Beſtimmt man nunmehr, nachdem man im Voraus ſchon den urſprünglichen Säuregehalt des Oeles feſtgeſtellt hat, den jetzt vorhandenen Geſammtſäuregehalt, ſo läßt ſich ſehr leicht an einer etwaigen Zunahme des urſprünglichen Gehaltes an Säure Gegenwart von vorher im Oel gelöſt geweſener Seife erkennen. Ermittelt man ſchließlich in dem oben erwähnten ſalzſauren oder ſchwefelſauren Auszug des Oeles die Art des zur Seife verwendeten Metalloxydes, ſo läßt ſich auf einfachem ſtöchiometriſchen Wege die Menge der zugeſetzten Seife ohne erheblichen Fehler in folgender Weiſe feſtſtellen:

Von	Oelſäure	entſprechen	der	Molekulargewichtsmenge	284—322 g	Kaliſeife.
„	Stearinſäure	„	„	„	283—320 „	„
„	Palmitinſäure	„	„	„	256—294 „	„
„	Linolſäure	„	„	„	282—320 „	„
„	Rapinſäure	„	„	„	298—336 „	„

Da bei der Herſtellung der Seifen aus Oelen hauptſächlich die genannten Säuren in Betracht kommen, ſo wird man auf 2,8 % feſtgeſtellter Fettſäure meiſt ohne nennenswerthen Fehler die urſprüngliche Gegenwart von 3,2 g Kaliſeife annehmen können. Analog der obigen Berechnung für Kaliſeifen ſind die Seifenmengen bei Anweſenheit anderer Metalloxyde zu berechnen.[1]) Bei der ſoeben beſchriebenen Methode des Seifennachweiſes, welche natürlich auch für fette Oele, Harzöle u. ſ. w. gilt, iſt von den ſehr geringfügigen Mengen von Verbindungen des Natrium mit nicht fettſäureartigen organiſchen Säuren, welche von der Raffination des Oeles mit Natronlauge herrühren und ſich in Oelen bisweilen finden, abgeſehen worden.

Es mag hier auf ein ebenfalls inzwiſchen mit Erfolg in Angriff genommenes Verfahren aufmerkſam gemacht werden, welches fettes Oel neben Seife in Mineralölen bis zu kleinen Mengen beider Zuſätze herab (0,1 %) nachzuweiſen geſtattet und ſich an das eben beſchriebene Verfahren im Prinzip anlehnt. Nachdem man, wie vorſtehend gezeigt, den Gehalt

---

[1]) Wird die Fettſäure, wie dies hier in der Regel geſchieht, als Schwefelſäureanhydrid SO_3 berechnet, ſo entſpricht die Zunahme des Säuregehaltes um 1 % freier Säure, berechnet als

SO_3 = 8,6 % Kaliſeife eines Oeles niedrigſter Verſeifungszahl
oder 7,6 % „ „ „ höchſter „
} = 8,1 % Kaliſeife { eines Oeles mittlerer Verſeifungszahl.

ferner = 7,9 % Kaliſeife eines Oeles niedrigſter Verſeifungszahl
6,9 % „ „ „ höchſter „
} = 7,4 % Kaliſeife { eines Oeles mittlerer Verſeifungszahl.

Wenn man die mittleren Werthe 8,1 % und 7,4 % als die auf 1 % SO_3 kommende Kali- und Kalkſeifen in Anrechnung bringt, ſo wird der Fehler der Beſtimmung bei dem verhältnißmäßig hohen Zuſatz von 15 % Seife zu einem Oel höchſtens 0,8 % betragen.

an Seife nachgewieſen hat, verſeift man in einer zweiten Probe des Oeles in üblicher Weiſe das zu unterſuchende Oel mit alkoholiſcher Kalilauge, zerſetzt nach Verdampfung des Alkohols etwa entſtandene Seife und die ſchon im urſprünglichen Oel vorhanden geweſene Seife mit verdünnter Salzſäure, wäſcht, wie ſchon oben beſchrieben, das Oel mit Waſſer völlig aus und beſtimmt in dem von Mineralſäure ganz befreiten Oel den Gehalt an Fettſäure. Ergiebt ſich hier ein höherer Gehalt an Fettſäure als in dem mit Salzſäure zerſetzten und dann ausgewaſchenen urſprünglichen Oel, ſo iſt neben Seife noch fettes Oel zugegen geweſen, da letzteres durch die Verſeifung mit Kalilauge und darauf folgende Behandlung mit Salzſäure in waſſerlösliches Glycerin und waſſerunlösliche Fettſäuren übergeführt werden muß.

Auf 1 % Fettſäure, berechnet als SO_3, kommen:

$$\left.\begin{matrix}8{,}0\ \%\ \text{Oel niedrigſter Verſeifungszahl}\\ 7{,}0\ \%\ \text{Oel höchſter Verſeifungszahl}\end{matrix}\right\} = 7{,}5\ \%\ \text{Oel mittlerer Verſeifungszahl.}$$

Unter Benutzung des zuletzt feſtgeſtellten Mittelwerthes beträgt der Fehler der Beſtimmung bei einem Zuſatz von 50 % fettem Oel erſt 3 %, bezogen auf die geſammte angewandte Stoffmenge und iſt je nach der Menge des vorhandenen Oeles entſprechend geringer oder größer.[1])

5. Der Nachweis von Erdwachs.

Um Mineralölen, welche zur Schmierung von Dampfcylindern benutzt werden, eine bei Zimmerwärme feſte Konſiſtenz zu geben, wie ſie eigenthümlicherweiſe von manchen Konſumenten bei derartigen Oelen gewünſcht wird, verſetzen Fabrikanten die Oele mit wenigen Prozenten Cereſin (Erdwachs). Bei einigen in der Verſuchsanſtalt vorgenommenen Verſuchen ließen ſich in zwei Fällen Cereſin nachweiſen und zwar dadurch, daß es in ätheriſcher Löſung des Oeles durch abſoluten Alkohol (3 Theile Alkohol auf 4 Theile Aether) ausgefällt und durch Schmelzpunkt 68—71 C° gekennzeichnet wurde. Das eine Oel war nach der Angabe des Einſenders und ſeiner äußeren Erſcheinung nach ruſſiſches Oel, das andere war amerikaniſcher Herkunft, ſoweit ſich dies aus den äußeren Erſcheinungen des Oeles beurtheilen ließ. Eine Angabe über die Herkunft des letzteren Oeles war vom Einſender nicht gemacht worden. Bei dem amerikaniſchen Oel wurde der in ätheriſcher Löſung des Oeles durch Alkohol ausgefällte flockige Niederſchlag geſammelt und gewogen. Er betrug 2 % vom Gewichte des urſprünglichen Oeles. Zur Feſtſetzung einer zuverläſſigen auf die Schwerlöslichkeit des Erdwachſes in Alkohol-Aether gegründeten quantitativen Abſcheidungsmethode bedarf es noch weiterer Verſuche. Es iſt z. B. daran zu erinnern, daß bei Zimmerwärme nicht immer alles vorhandene Erdwachs durch Alkohol aus ätheriſcher Löſung gefällt wird, und daß auch in Benzin lösliches Pech durch Alkohol gefällt wird. Bei Gegenwart des letzteren iſt alſo das Verfahren nicht zu benutzen.

Bei dieſer Gelegenheit ſei übrigens auch darauf hingewieſen, daß Kaſt und Seidner[2])

[1]) Die beſchriebenen Verfahren, Seife und fettes Oel in geringen Mengen in Mineralölen und konſiſtenten Fetten nachzuweiſen, ſind inzwiſchen wiederholt bei derartigen Produkten mit befriedigendem Erfolge angewendet worden. Sämmtliche zu den Verſuchen nöthigen Operationen, wie Abwiegen der Fettproben, Verſeifen mit Lauge, Zerſetzen der Seifen mit Salzſäure und Auswaſchen der letzteren mit Waſſer wurden in einem und demſelben Erlenmeyerkolben vorgenommen. Zur ſchließlichen Trennung der wäſſrigen und öligen Schicht diente die in Freſenius Zeitſchr. f. anal. Chemie 1894, Heft 6 beſchriebene, aber ſchon früher von Herles benutzte Vorrichtung.

[2]) „Dinglers Polyt. Journal“ 1892, 284, 153 und „Rep. Chem. Zeitung“ 1892, 17, 193.

aus amerikaniſchen Cylinderölen auf einem anderen Wege wie dem hier befolgten eine dem natürlichen Erdwachs ſehr ähnliche Maſſe iſolirten und daraus geſchloſſen haben, daß das Erdwachs ein beim Verdunſten leichterer Beſtandtheile hinterbliebener Erdölrückſtand ſei. Kißling hat in den meiſten amerikaniſchen Rohölen dieſes ſog. amorphe Paraffin gefunden. Es iſt mithin möglich, daß das hier in dem amerikaniſchen Cylinderöl gefundene Erdwachs ſich ſchon urſprünglich in dem zu ſeiner Herſtellung benutzten reinen Rohprodukt vorgefunden hat. Bei dem ruſſiſchen Cylinderöl iſt dies weniger wahrſcheinlich. Im Gegenſatz zu Kaſt und Seidner meint Zaloziecki, daß Erdwachs das erſte Zerſetzungsprodukt des Thierfettes ſei und Erdöl erſt aus dem Erdwachs durch weitere Zerſetzung entſtanden iſt. Nach dieſer Anſchauung würde ſich freilich, wie Kaſt und Seidner meinen, das Vorkommen von Erdwachs im Erdöl nicht ohne Weiteres erklären laſſen.

B. Vergleichende Unterſuchungen über den Einfluß der als minderwerthig geltenden Beimiſchungen auf die Schmiereigenſchaften reiner Schmieröle.

I. Flüſſige Zuſätze.

a. Veränderung der Oele bei Einwirkung der Luft.

In dem im Jahre 1889 an den Herrn Miniſter für Handel und Gewerbe erſtatteten Bericht über vergleichende Schmierölunterſuchungen war die Nothwendigkeit hervorgehoben worden, die Veränderungen der Oele bei Luftzutritt näher zu verfolgen, weil die Schmierverſuche mit den friſchen der Luft noch nicht längere Zeit ausgeſetzten Oelen naturgemäß kein erſchöpfendes Urtheil über den Schmierwerth der Oele zuließen.

Wenn es nun auch nahe lag, über dieſe Frage direkt Dauerverſuche auf einer Oelprobirmaſchine anzuſtellen, ſo ſtanden doch der Ausführung derartiger Verſuche gewichtige techniſche Bedenken und die vorauszuſehenden großen Unkoſten entgegen. Dagegen bot ſich ein anderer, verhältnißmäßig einfacher Weg zur Unterſuchung der aufgeworfenen Frage dar, bei dem nur ein begrenztes Hinzuziehen der Reibungsverſuche nöthig wurde. Die früheren vergleichenden Unterſuchungen hatten ergeben, daß man für praktiſche Verhältniſſe durch Beobachtung des Flüſſigkeitgrades und der übrigen phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften der Oele ſchon einen guten Einblick in die Brauchbarkeit der Oele gewinnt.

Man brauchte alſo nur eine Anzahl verſchiedener Oele und Miſchungen unter möglichſt gleichen Verhältniſſen dem Zutritt der Luft auszuſetzen und die Veränderungen ihrer hauptſächlichen für Beurtheilung der Schmierfähigkeit in Betracht kommenden phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften von Zeit zu Zeit feſtzuſtellen. Hierzu erwies ſich das Aufbewahren der Oele in flachen Schalen, welche eine loſe Bedeckung zur Abhaltung von Staub hatten, als geeignet. Wenn auch die Art der Ausbreitung des Oeles an der Luft und die Wärmeverhältniſſe, ſowie auch andere Umſtände nicht ganz die gleichen waren, wie ſie in der Praxis bei der Schmierung der Maſchinen vorkommen, ſo mußten die auf obige Weiſe ausgeführten Verſuche immerhin die Erlangung einer vergleichenden Ueberſicht über die Veränderungen des Schmierwerthes der Oele bei Luftzutritt geſtatten. Als Maßſtab für die Veränderungen der Konſiſtenz der Oele bei Zimmerwärme wurde die Ausflußzeit auf dem Englerſchen Apparat gewählt. Von einer Berechnung der Flüſſigkeitgrade wurde abgeſehen, da faſt durchweg alle Verſuche mit je einem Oel auf ein und demſelben Englerſchen Apparat, meiſtens Apparat III, einzelne auf Apparat I ausgeführt wurden und die Ausflußzeiten der Oele nach den im Abſchnitt A I a mitgetheilten Beobachtungen bei

den älteren Versuchen meistens einen noch schärferen Vergleichswerth darstellen dürften als die unter Hinzuziehung des Wasserwerthes berechneten Flüssigkeitgrade.

Ueber die ersten auf vorstehende Weise ausgeführten Versuche ist bereits früher in den „Mittheilungen“ berichtet worden[1]), es hat sich indessen als nothwendig erwiesen, eine größere Reihe von Oelen verschiedener Gattung in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen und die Versuche mit den bereits geprüften Oelen auf eine größere Zeitdauer der Aufbewahrung auszudehnen. Es sind daher in den neueren Untersuchungsreihen folgende Oelarten berücksichtigt worden:

1. Pflanzliche Oele: Olivenöl, raffinirtes Rüböl, rohes Rüböl, Erdnußöl, Sesamöl, Mohnöl.

2. Thierische Oele: Knochenöl.

3. Harzöle, raffinirt und nicht raffinirt.

4. Mineralöle, deutscher, russischer, amerikanischer und schottischer Herkunft.

5. Mischungen von Mineralölen und Harzöl, sowie von Rüböl und Mineralölen.

Die Ergebnisse der mit vorstehenden Oelen ausgeführten Versuche sind in den Tabellen 10 bis 12 mitgetheilt und mögen im Nachstehenden kurz besprochen werden.[2])

(Siehe Tab. 10—12 S. 36—42.)

Von den zu Schmierzwecken benutzten pflanzlichen Oelen zeigen die raffinirten Rüböle die stärkste Veränderung; schon nach $^1/_2$- bis $^3/_4$jährigem Stehen zeigen sie ganz erhebliche Verdickungen. Bei denjenigen Oelen, wo sich in den Schalen erhebliche Veränderungen zeigten, ließen sich auch meistens bei den in Flaschen aufbewahrten Proben geringe Veränderungen erkennen. Der verdickende Einfluß der Luft zeigte sich auch bei Vergleichung der Reibungszahlen der in der Flasche aufbewahrten Probe Normalrüböl I und des gleichen in der Schale aufbewahrten Oeles. Gegenüber den starken Veränderungen der raffinirten Rüböle bleibt die verhältnißmäßig geringe Veränderung des rohen Rüböls auffällig, und es werden ergänzende Versuche mit anderen rohen Rübölen zur Aufklärung der Frage vorgenommen werden. Bei sehr langem Stehen (11 Monate) ergaben sich freilich auch bei diesem Oel erhebliche Aenderungen der Konsistenz. Der hohe Gehalt an Oxysäuren in dem 18 Monate offen aufbewahrten Oel läßt auch auf noch weitergehende starke Verdickung des Oeles schließen, leider war nicht mehr genügend Material zur Feststellung dieser Verdickung durch Bestimmung des Flüssigkeitgrades vorhanden.

Ein sehr günstiges Verhalten beim Lagern unter reichlichem Luftzutritt zeigen die Olivenöle, welche nach $^3/_4$ Jahren, in offner Schale aufbewahrt, kaum nachweisbare Veränderungen ihrer Konsistenz zeigen.

Der Säuregehalt hatte bei diesen Oelen wie bei den raffinirten Rübölen nur um wenige hundertstel Procent zugenommen. In dem Gemisch Nr. 8 (Tab. 10), welches neben Olivenöl in großer Menge raffinirtes Rüböl enthält, zeigt sich der stark verharzende Charakter des letzteren. Die in der Praxis verbreitete Ansicht, daß die Olivenöle mit nicht zu hohem Säuregehalt als Schmiermittel wegen ihres geringen Verharzungsvermögens höherwerthig sind als Rüböl, erhält durch obige Versuche eine experimentelle Bestätigung. Wie das Beispiel Nr. 7 in Tabelle 10 zeigt, lassen sich auch Olivenöle mit ziemlich niedrigem Säuregehalt gewinnen.

---

[1]) 1892, S. 85.

[2]) Die specifischen Gewichte sind im Anschluß an die früheren Versuche über die Veränderungen der Oele beim Lagern bei 15 C° angegeben.

Tabelle

Vergleichende Überſicht über die Verän-

Erklärungen zur Tabelle: Im Kopfe bedeutet F Aufbewahrung in Flaſchen, S Aufbewahrung in
Monate, welche das Öl bis zu dem betreffenden

Lfd. Nr.	Art des Öles. Äußere Erſcheinungen	Spez. Gewicht bei 15 C° × 1000		Ausflußzeiten im Englerſchen Apparat bei 20 C° sec.		Säuregehalt % (ber. als SO_3)		Jodzahl	
		F	S	F	S	F	S	F	S
1	Normal-Rüböl von Dr. Wiederhold in Caſſel Nr. I.	914 918 (6) — — —	914 919 (3) 925 (6) — —	704 705 (1) 693 (4) †693 (23) —	704 738 (1) 754 (1,5) 851 (3) 1190 (6,5)	0,08 0,09 (27) — — —	0,09 0,13 (6,5) — — —	— 98,3 — — —	— 90,8 (5,4) 88,4 (7) — —
2	Normal-Rüböl von Dr. Wiederhold in Caſſel Nr. II.	914 — —	914 919 (10) —	672 692 (5,5) —	672 700 (3,0) —	0,04 0,10 —	0,04 0,05 (5,5) 0,06 (10)	102,4 — —	— — —
3	Reines raffiniertes Rüböl (bezeichnet als feinſtes raffin.)	915	915 921 (5) 923 (6) 929 (10)	707 713 (4) 742 (11)	707 878 (4) 1463 (10)	0,01 0,01 (7,5) —	0,01 0,05 (5,5) 0,11 (10)	100 —	—
4	Rohes Rüböl (rein)	916 916 (11) — — — —	916 918 (3) 917 (6) 922 (12) 924 (17) —	703 722 (19) 749 (31,0) — — —	722 723 (1) 739 (1,5) 743 (3,5) 764 (6,5) 876 (11)	0,11 — — — — —	0,11 0,13 (6) 0,18 (12) 0,28 (17) — —	— 98,9 — — — —	— 98,9 — — — —
5	Olivenöl (rein)	916 916 (4) — —	916 916 (4) 917 (7) 920 (5,5) —	585 598 (4) — —	592 605 (2) 603 (5) 614 (9,5) 686 (15,5)	0,49 0,52 (9) 0,53 (17,5) —	0,49 0,48 (6) 0,51 (12) 0,51 (16,5)	80,7 — — —	80,7 80,7 (8) — —
6	Olivenöl (rein)	914 916 (21) —	914 916 (10) —	563 588 (19) —	588 588 (3,5) 595 (8,0)	1,29 1,36 (21) 1,40 (26,5)	1,36 1,40 (5,5) 1,40	85,1 81,0 (19) —	
7	Olivenöl (rein)	917 — —	917 (0) 917 (10)	589 — —	589 592 (4) 597 (10)	0,16 — —	0,16 0,16 (7,5) 0,17 (10)	83,3 — —	
8	Gemiſch von Olivenöl und Rüböl	915 917 (16) — —	916 923 (7,5) 933 (13,5) —	603 632 (1,5) 624 (4,5) 638 (11)	624 826 (6,5) 972 (8,5) 1525 (13,5)	0,76 0,80 (16) 0,86 (19) —	0,78 0,80 (7,5) 0,82 (13,5) —	95 — — —	— 76 (14) — —
9	Gemiſch von Rüböl mit trocknendem Öl	919 — —	920 921 (4,5) —	561 586 (12) 577 (18)	586 617 (4,5) 694 (9)	0,24 0,36 (12) —	0,36 0,84 —	120,2 — —	— — —

10.

derungen der fetten Öle beim Lagern.

Schalen. Die den Zahlen in Klammern beigefügten kleineren Zahlen bedeuten die Anzahl der Verſuch ſeit dem erſten Verſuch aufbewahrt worden war.

Verſeifungs-zahl		Gehalt an Oxy-ſäuren %		Sonſtige Unterſuchungen und Bemerkungen
F	S	F	S	
176	—	$3_{,8}$ (42)	$3_{,2}$ (19)	Brechungscoefficient bei 18 C⁰ F: $1_{,4729}$ (12) S: $1_{,4750}$ (7) Reibungsverſuche ſiehe Tab. 19, Nr. 3.
—	184 (12)	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	† Das 23 Monate in Flaſchen aufbewahrte Öl ergab nach 10 ſtündigem Durchleiten von Luft die Ausflußzeit von 726 sec. im Englerſchen Apparat.
—	—	—	—	
171	—	—	—	—
—	—	—	—	
—	—	—	—	
177	—	—	—	—
—	—	—	—	
180	—	$0_{,47}$ (39)	$5_{,1}$ ($18_{,5}$)	Nach 6 monatlichem Aufbewahren des Oles in der Schale war der charakteriſtiſche urſprüngliche Geruch des Öles nach rohem Rüböl faſt völlig verſchwunden.
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
193	—	$0_{,1}$ (19)	$0_{,5}$ (18)	—
—		—	—	
—		—	—	
—	—	—	—	
194	—	$0_{,2}$ (32)	$0_{,2}$ (12)	—
—	—	—	—	
196		—	—	—
—		—	—	
—		—	—	
186	—		—	Das Öl war als reines Olivenöl geliefert worden.
189 (16)	190 (8)			
189 (28)	—	—	—	
—	—	—		
$182_{,0}$	—	—	$0_{,68}$ ($5_{,5}$)	Sollte angeblich reines Rüböl ſein. Nach 16 monatlichem Stehen in einer Schale hat ſich das Öl mit einer Haut überzogen, welche beim Neigen der Schale den flüſſigen Theil des Öles nicht mehr durchläßt.
$184_{,8}$ (11)	—	—	—	
—	—	—	—	

Tabelle 10

Lfd. Nr.	Art des Öles Äußere Erscheinungen	Spez. Gewicht bei 15 C° × 100)		Ausflußzeiten im Englerschen Apparat bei 20 C° sec.		Säuregehalt % (ber. als SO_3)		Jodzahl	
		F	S	F	S	F	S	F	S
10	Erdnußöl hellgelb, klar	916 917 (7,5) —	917 917 (10) —	595 606 (7,5) —	606 609 (4) 614 (10)	0,17 0,16 (4,5) 0,17 (7,5)	0,17 0,18 (5,5) 0,18 (10)	87,1 — —	— — —
11	Erdnußöl farblos	922 — —	922 923 (10) —	630 *) — —	630 640 (4) 651 (10)	0,90 0,96 (5,5) —	0,90 0,95 (5,5) 0,94 (10)	94,1 — —	— — —
12	Sesamöl klar, hellgelb	920 921 (23) —	921 921 (10) —	549 560 (14,5) —	549 558 (4) 557 (10)	0,39 0,41 (21,5) 0,44 (27)	0,41 0,45 (5,5) 0,45 (10)	101,9 102,7 (23) —	— — —
13	Knochenöl gelb, wird beim Lagern farblos	915	915 927 (6) —	714 720 (1) —	714 750 (1) 1002 (6)	0,00 — —	0,06 (6) — —	73,3 — —	— — —
14	Mohnöl hellgelb, klar	924 925 (13) — — —	925 933 (7,5) 963 (14) — —	413 436 (2) 438 (2,5) 432 (5,5) 440 (12,5)	432 565 (6,5) 761 (8,5) — —	0,36 0,39 (14) — — —	0,38 0,40 (8,5) 0,40 (9,5) 0,50 (14) —	141 — — — —	— 94,2 (14) — — —

Auffällig erscheint die erhebliche Verdickung des Knochenöls 13 (Tabelle 10), da derartige Produkte im Allgemeinen als besonders gute Schmieröle gelten. Auch die geringe Veränderlichkeit der untersuchten Proben Erdnußöl und Sesamöl ist bemerkenswerth; noch nach $^3/_4$ jährigem Stehen in Schalen zeigen diese Oele keine nennenswerthe Verdickung. Der Flüssigkeitgrad dieser in raffinirtem Zustande eingereichten Oele steht demjenigen der Olivenöle sehr nahe und ist wesentlich niedriger als der Flüssigkeitgrad der Rüböle. Der Verwendung derartiger Oele zu Schmierzwecken dürfte meistens der Umstand entgegenstehen, daß sie schon bei mäßig niedriger Wärme Abscheidungen geben. Bei Schmierölen, die jedoch nur mittlerer Wärme ausgesetzt sind, scheint die Benutzung eines Zusatzes jener Oele, z. B. zu Olivenöl, immerhin des Versuches werth zu sein.

Das schon früher untersuchte Harzöl Nr. 22 (Tabelle 11) zeigt auch bei weiterer Beobachtung eine fortgesetzte Verdickung. Um den Einfluß des in ihm enthaltenen freien Harzes, welches wahrscheinlich beim Destilliren des Oeles aus Fichtenharz mechanisch mit übergerissen wurde, auf das Eindickungsvermögen des Oeles genauer zu ermitteln, wurde die saure Harzmasse durch Natronlauge aus dem Oel abgeschieden (in dem alkalischen Auszug wurde durch Ausfällung mit Mineralsäure das Harz nachgewiesen). Hierauf wurde das entharzte Oel ebenfalls hinsichtlich seines Verharzungsvermögens bei Luftzutritt untersucht, wobei sich immerhin noch erhebliche, wenn auch nicht so weitgehende Verdickung wie bei dem ursprünglichen harzhaltigen Oel zeigte. Wesentlich günstiger als das hier raffinirte Oel

(Fortſetzung)

Verſeifungszahl		Gehalt an Oxyſäuren %		Sonſtige Unterſuchungen und Bemerkungen
F	S	F	S	
192,3	—	—	—	—
—	—	—	—	
—	—	—	—	
196,6	—	0,6 (12)	0,2 (12)	*) Das zunächſt trübe Öl wird durch Erwärmen bis auf 30 C° geklärt und bleibt auch nachher klar bei 20 C°.
—	—			
—	—			
199	—	—	—	—
—	—	—	—	
—	—	—	—	
194,6	—	0,4 (26)	2,2 (18)	Brechungscoefficient bei 18 C°
—	—	—	—	F 1,4707 S 1,4703 (6,8)
—	—	—	—	
196,8	—	—	—	Brechungscoefficient bei 18 C° F 1,4743 1,4756 (13) Das Öl bildete beim Stehen in der Schale Bodenſatz und Krusten, für die Verſuche wurde nur klar abgegoſſenes Öl benutzt.
—	198,1 (7,8)	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	

verhält ſich das von Krämer und Flammer in Heilbronn eingelieferte doppelt raffinirte Harzöl; nach $^3/_4$ jährigem Stehen an der Luft zeigt es kaum nennenswerthe Verdickungen; auch das ſpecifiſche Gewicht hatte ſich nach $1^1/_2$ jähriger Aufbewahrung nicht verändert. Daß das Oel einer beſonders gründlichen Raffination unterworfen war, beweiſt der Umſtand, daß es kaum noch Geruch oder Geſchmack nach Harzöl zeigte. Seine Beſtändigkeit und Viskoſität laſſen es als Zuſatz zu anderen Oelen als geeignet erſcheinen.

Von den unterſuchten Mineralſchmierölen haben ſich am günſtigſten die hellen Produkte amerikaniſcher und ſchottiſcher Herkunft und das ſehr dickflüſſige dunkle ruſſiſche Oel 17 (Tabelle 11) verhalten; es zeigten ſich bei dieſen Oelen nach etwa $^3/_4$ jährigem Stehen entweder gar keine oder ganz geringe Aenderungen (bis 3 %) in den Ausflußzeiten auf dem Englerſchen Apparat. Eine etwas größere Veränderung (4 %) zeigte nach gleich langem Stehen das ruſſiſche Oel 18 (Tabelle 11). Wie bei dem ſtark veränderten raffinirten Rüböl, ſo beſtätigte auch bei dem amerikaniſchen Mineralöl 1 (Tabelle 12) der Reibungsverſuch das durch Beobachtung der Flüſſigkeitgrade hinſichtlich des Veränderungsvermögens des Oeles gewonnene Ergebniß. Bedeutend ſtärkere Verdickung als alle übrigen Mineralöle zeigen nach $^3/_4$ jährigem Stehen in den Schalen die unter Zuſatz deutſcher Mineralöle hergeſtellten Oelheimer Produkte Nr. 15 und 16, welche, wie alle bisher unterſuchten deutſchen Oele, einen erheblichen Gehalt an ſchon oxydirten aſphaltartigen Kohlenwaſſerſtoffen beſitzen.

Tabelle 11.

Vergleichende Überſicht über die Veränderungen von Mineralölen und Harzölen beim Lagern.

Erläuterungen wie bei Tab. 10.

Lfd. Nr.	Art des Öles. Äußere Erſcheinungen	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000		Ausflußzeit im Engler'ſchen Apparat bei 20 C°		Säuregehalt in % (ber. als SO_3)		Bemerkungen und ſonſtige Unterſuchungen
		F	S	F	S	F	S	
15	Ölheimer Mineralſchmieröl, braunſchwarz undurchſichtig.	926 — — — —	— 930 — — —	2102 2093 (5) 2070 (7) 2058* (18,5) 2122 (33)	2070 2278 (8,5) 2278 (10,5) 2283 (14) —	0,03 — — — —	— 0,02 (10) — — —	Für die Flüſſigkeitgradbeſtimmung des in Schalen aufbewahrten Öles wurden die Proben filtrirt. Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitropruſſidnatrium ergab ſtarke Rothfärbung. * Filtrirtes Öl. Flammpunkt C°: mehrere Jahre in Flaſche : 141,5; 14 Monate in Schale : 158 — Mittel aus je 2 Einzelverſuchen.
16	Ölheimer Mineralſchmieröl, braunſchwarz undurchſichtig.	918 — — —	— 920 (5,5) 920 (10) 921 (14)	1750 1748 (3) 1787 (7) 1819 (14)	1748 1880 (7) 1874* (7) 1951 (10)	0,06 — — —	0,06 0,06 (10) 0,05 (14) —	Flammpunkt C°: mehrere Jahre in Flaſche : 159; 14 Monate in Schale : 161 — Mittel aus je 3 Einzelverſuchen. * Öl wurde filtrirt, da in der Schale ein Bodenſatz bemerkt wurde.
17	Ruſſiſches Mineralſchmieröl, braunſchwarz undurchſichtig.	909 — —	909 910 (5,5) 910 (10)	2138 — —	2140 2142 (4) 2130 (10)	0,08 — —	0,08 0,08 (10) —	Flammpunkt C°: mehrere Jahre in Flaſche : 188; 14 Monate in Schale : 189,5 — Je 2 Einzelverſuche.
18	Ruſſiſches Mineralſchmieröl, braun undurchſichtig.	911 911 — —	911 912 (8) 912 (14) —	1736 1718 (6) 1775 (8,5) 1781 (16)	1775 1826 (7) 1846 (8,5) 1847 (14)	0,03 0,00 (15,5) — —	— 0,01 (7,5) 0,02 (14) —	Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitropruſſidnatrium ergab helle Violettrothfärbung. Das zu den Flüſſigkeitgradbeſtimmungen benutzte Öl aus der Schale wurde filtrirt, da etwas Waſſer in die Schale gelangt war.
19	Amerikaniſches Mineralöl, gelb, fluoreſcirend.	906 906 (16) — —	906 906 (9) 906 (14) —	[605] 575 (5) 582 (8) 598 (15)	582 581 (6,5) 584 (8,5) 602 (14)	0,02 0,02 (15,5) — —	0,02 0,01 (8,5) 0,01 (9,5) 0,01 (14)	Brechungscoefficient bei etwa 18 C°: F 1,5071; S 1,5066 (14) — Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitropruſſidnatrium ergab ſchwache Violettrothfärbung.
20	Schottiſches Mineralöl	869 —	— —	101 102 (7)	101 103 (7)	0,01 —	— —	—

Tabelle 11. (Fortsetzung.)

Lfde. Nr.	Art des Oles. Äußere Erscheinungen	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000		Ausflußzeit im Englerschen Apparat bei 20 C°		Säuregehalt in % (ber. als SO_3)		Bemerkungen und sonstige Untersuchungen
		F	S	F	S	F	S	
21	Amerikanisches Mineralöl	906 906 (0,6) —	906 906 (10) —	838 842 (0,7) —	842 841 (4) 837 (10)	0,004 0,003 (0,7) —	0,003 0,003 (10) —	—
22	Harzöl	981 *983 (11) 982 (15) 984 (22) —	982 992 (8) 997 (13,5) — —	934 947 (5) 1015 (8) 1045 (15) 1112 (23)	1015 2296 (6,5) 2419 (7) — —	1,10 1,19 (15) — — —	1,13 1,08 (6) — — —	* Aräometer. Brechungscoefficient bei etwa 18 C° F S 1,5390 1,5395 1,5374 (15,5) 1,5401 (6)
23 (Nr. 22 entharzt)	Harzöl, entharzt	—	978 983 (5) 986 (12,5)	— — —	823 1062 (3,5) 1348 (9,5)	— — —	0,01 0,02 (5) 0,03 (9,5)	Die Entharzung des Öles geschah durch Behandeln von Nr. 22 mit Natronlauge und Auswaschen des zurückbleibenden Öles mit Wasser. Der geringe Säuregehalt des Öles zeigt, daß die Entharzung eine recht vollständige war.
24	doppelt raffinirtes Harzöl, hellgelb	— — — —	981 (6) 981 (12) 981 (17) —	751 788 (5,5) 848 (24) —	769 784 (1) 792 (4) 795 (7)	0,00 0,00 (13) — —	0,00 0,005 (6) 0,007 (12) 0,010 (17)	Der alkalische Auszug des Öles gab mit Mineralsäure keinen Niederschlag von Harz. Das Öl nimmt bei längerem Stehen in der Flasche unter Zutritt des Lichtes röthlichbraune Färbung an. Dieses Verhalten ist auf die Gegenwart von Nitronaphtalin zurückzuführen, mit welchem das Öl entscheint worden ist.

Nach dem Eindickungsvermögen innerhalb eines Zeitraumes von $^3/_4$ Jahren geordnet, würden sich die verschiedenen der oben genannten Oelarten etwa wie folgt gruppiren lassen:

1. Helle Mineralöle und dunkle Mineralöle russischen Ursprungs, Olivenöl, Erdnußöl, Sesamöl, doppelt raffinirtes Harzöl.

2. Rohes Rüböl, Oelheimer Mineralöl.

3. Raffinirtes Rüböl, entharztes Harzöl.

4. Harzhaltiges Harzöl, Mohnöl.

Es erübrigt noch über die Natur der Veränderungen, welche die Oele bei den beobachteten Eindickungen erlitten haben, einige Bemerkungen hinzuzufügen. Nach den bisherigen experimentellen und theoretischen Untersuchungen, welche über die chemischen Veränderungen fetter Oele und Mineralöle bei Einwirkung der Luft angestellt wurden, sind es einerseits die Oxydation, andererseits die Polymerisation, welche die Veränderungen der Oele herbeiführen können. Fahrion hat für Leinöle, Thrane u. s. w. nachgewiesen, daß das Sinken der Jodzahl beim Stehen oder Erhitzen derartiger Oele, z. Th. auf Oxydation, z. Th. auf Polymerisation zurückzuführen ist. Dieselben Vorgänge dürften auch bei den hier beobachteten Veränderungen der Rüböle u. s. w. Hand in Hand gehen. Die fast durchgängig beobachtete erheblich größere Zunahme des Gehaltes an Oxysäuren der in offnen Schalen aufbewahrten fetten Oele gegenüber den in Flaschen aufbewahrten Proben weist

Tabelle 12.

Vergleichende Überſicht über Veränderungen gemiſchter Öle und ihrer Einzelbeſtandtheile.

Erläuterungen wie bei Tab. 10.

Lfde. Nr.	Art des Öles	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000 F	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000 S	Ausflußzeit im Englerſchen Apparat F	Ausflußzeit im Englerſchen Apparat S	Bemerkungen und ſonſtige Unterſuchungen
1 = Nr. 19 in Tab. 11	Amerikaniſches Mineralöl, gelb fluoresc.	906 906 (16) — —	906 906 (19) 906 (14) —	[605] 575 (5) 582 (8) 598 (15)	582 581 (6,5) 584 (8,5) 602 (14)	Reibungsverſuch auf der Ölprobirmaſchine bei 1,0 m/sec. Mittlere Lagerſchalenwärme C°: 23,5 / 26,8 / 30,0 / 33,2 Druck auf die Lagerſchalen kg/qcm: 10 / 25 / 40 / 53 Reibungscoefficienten μ × 1000000 F: 824 / 590 / 581 / 557 S: 794 / 482 / 584 / 551
2	Miſchung von 1 Theil amerikaniſchem Öl Nr. 1 und 1 Theil Rüböl (Nr. 3 dieſer Tabelle)	— — — —	911 (3) 914 (6,5) — —	— — — —	636 653 (1,5) 670 (3) 735 (6,5)	Mittlere Lagerſchalenwärme C°: 23,5 / 26,8 / 30,0 / 33,2 Druck auf die Lagerſchalen kg/qcm: 10 / 25 / 40 / 53 Reibungscoefficienten μ × 1000000 F: 809 / 452 / 451 / 479 S: 824 / 512 / 565 / 588 Berechnetes ſpez. Gew. für die friſche Miſchung: 0,919
3 = Nr. 1 in Tab. 10	Normal-Rüböl von Dr. Wiederhold in Caſſel Nr. I	914 918 (6) — — —	914 919 (3) 925 (6) — —	704 705 (1) 693 (4) 693 (23) —	704 738 (1) 754 (1,5) 851 (3) 1190 (6,5)	Mittlere Lagerſchalenwärme C°: 23,5 / 26,8 / 30,0 / 33,2 Druck auf die Lagerſchalen kg/qcm: 10 / 25 / 40 / 53 Reibungscoefficienten μ × 1000000 F: 839 / 433 / 359 / 301 S: 1175 / 514 / 573 / 646
4	Miſchung von 1 Theil amerikan. Öl Nr. 1 und 1 Theil Harzöl Nr. 5	— — — —	950 (7) — — —	— — — —	679 720 (1) 784 (3) 947 (6,5)	Berechnetes ſpez. Gew. für die friſche Miſchung: 0,944.
5 = Nr. 22 in Tab. 11	Harzöl	981 983*(11) 982 (15) 984 (22) —	982 992 (8) 997 (13,5) — —	934 947 (5) 1015 (8) 1045 (15) 1112 (23)	1015 2296 (6,5) 2419 (7) — —	* Mit Aräometer beſtimmt, ungenau in der 3. Stelle.

auf eine Oxydation hin, der Vergleich der Jodzahl und des Gehaltes an Oxyſäuren bei den in Schalen aufbewahrten Oelen 1 und 6 (Tabelle 10) hingegen weiſt auf gleichzeitig eingetretene Polymeriſation hin.

Bei den Mineralölen iſt es erwünſcht, über die Urſachen der ſtattgehabten Aenderungen in der Konſiſtenz der deutſchen Oele noch weitere Beobachtungen zu ſammeln. Immerhin weiſt der erhebliche Anſtieg des Flammpunktes von Oel 15 und die noch bemerkbare, wenn auch geringfügige Erhöhung des Flammpunktes von Oel 16 in Tabelle 11 beim Lagern der Oele an der Luft darauf hin, daß hier neben Oxydationen und Polymeriſationen auch Verdunſtungen im Spiele ſein dürften. Auch unterſtützen dieſe Verſuche die Anſicht, daß ein hochliegender Flammpunkt bei Mineralölen eine Gewähr für nur geringe Veränderungen durch Verdunſtung beim Gebrauche des Oeles darbietet.

Eine Ergänzung der vorſtehend beſchriebenen Unterſuchungen über die Veränderungen der Oele bei Zutritt der Luft mögen die in der Tabelle 12 a im Einzelnen und in Tabelle 12 b zuſammenfaſſend mitgetheilten Verſuche über das Eintrocknungsvermögen verſchiedener Oele in dünner Schicht darbieten. Von jedem der geprüften Oele wurde zu dieſen Verſuchen 1 Tropfen auf einer Glasplatte verrieben und bei 50 C⁰ der Einwirkung des Luftſauerſtoffs in einem Luftbade ausgeſetzt. Die Wärme von 50 C⁰ wurde gewählt, um den hohen Durchſchnittswärmen mancher Gleitflächen an Maſchinen u. ſ. w. zur warmen Jahreszeit möglichſt nahe zu kommen. Von einer Hinzuziehung der Mineralöle zu dieſen Verſuchen wurde Abſtand genommen, nachdem ſchon die früheren Verſuche die Unveränderlichkeit asphaltfreier Mineralöle bei 100 C⁰ nach 10 ſtündiger Erhitzung ergeben hatten.[1])

Die Verſuchsergebniſſe in Tabelle 12 a und b ſchließen ſich im Allgemeinen an die in den Tabellen 10 bis 12 gefundenen Ergebniſſe an. Das günſtige Verhalten der Olivenöle, Spermacetiöle, Ricinusöle iſt beſonders hervorzuheben, weil es der Beliebtheit dieſer Oele als Schmiermittel entſpricht. Einen gewiſſen Widerſpruch zu den Ergebniſſen in Tabelle 10 zeigt das Verhalten der Erdnußöl- und Seſamölproben in Tabelle 12 a, doch iſt anzunehmen, daß dieſe Oele nach längerer Aufbewahrung in offnen Schalen ebenfalls größere Veränderungen gezeigt haben würden. Entſprechend den Verſuchen in Tabelle 11 verhält ſich auch das raffinirte Harzöl Nr. 41 günſtiger wie die übrigen Harzöle, die raffinirten Rüböle ſind ſchon nach 18 ſtündigem Erhitzen klebrig bis feſt geworden und zwar auch in kürzerer Zeit als die rohen Rüböle, welche nach 24 Stunden noch eine z. Th. flüſſige Beſchaffenheit zeigen. Der ungünſtige Einfluß des Rübölzuſatzes auf das Eintrocknungsvermögen des Olivenöls zeigt ſich bei Nr. 6 und 7. Die Verſuche zeigen auch, daß die Thrane ſehr zu den trocknenden Oelen neigen, ebenſo die ſogenannten Fiſchöle, während Spermacetiöle noch nach 18 ſtündigem Erhitzen in dünner Schicht flüſſig bleiben.

(Siehe Tab. 12a—b S. 44—47.)

b. Ueber die Zerſetzlichkeit von Oelen und Fetten durch hochgeſpannten Dampf und das Angriffsvermögen der mit geſpanntem Dampf behandelten Oele auf Gußeiſen (Dampfcylindermetall) ſind in neuerer Zeit eine Reihe vergleichender Unterſuchungen mit Rübölen, Talg, Mineralölen und Miſchungen von Mineralölen und Rübölen ausgeführt worden, deren Ergebniſſe in Tabelle 12 c und 12 d zuſammengeſtellt ſind und zur Läuterung mancher in der Praxis beſtehenden Meinungsverſchiedenheiten in dieſer Frage dienen dürften.

[1]) Eine umfangreichere Abhandlung über den Harzgehalt und die Verharzungsfähigkeit von Mineralölen wird in Heft 5 der „Mittheilungen“ veröffentlicht werden.

Tabelle 12a.
Konſiſtenz der Öle beim Erhitzen in dünner Schicht auf 50 C°.

Lfd. Nr.	Art der Öle	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden							
		6	12	18	24	30	35	40	60
1	Reine Olivenöle	—	—	—	—	—	unverändert	—	—
2		—	—	—	—	—	unverändert	—	—
3		—	—	unverändert	wenig dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	—	—
4		—	—	unverändert	wenig dickflüſſiger	—	wenig dickflüſſiger	—	—
5		—	—	unverändert	wenig dickflüſſiger	—	wenig dickflüſſiger	—	—
6	Gemiſch von Olivenöl und viel Rüböl	—	wenig dickflüſſiger	dickflüſſig bis ſchwach klebrig	ſtark klebrig	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—	—
7	Gemiſch von etwa gleichen Theilen Olivenöl und Rüböl	—	unverändert	wenig dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	—	—	—	—
8	Reines Mandelöl	unverändert	wenig dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	—	—	—	dickflüſſig bis ſchwach klebrig	—
9	Gemiſch von Olivenöl mit Erdnußöl	—	—	—	unverändert	wenig dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger
10	Reine Ricinusöle	—	—	—	—	—	unverändert	—	—
11		—	—	—	—	—	unverändert	—	—
12	Reines Spermacetiöl	—	—	—	—	—	unverändert	—	—
13	Spermacetiöl	—	—	—	—	—	unverändert	—	—
14	Reine rohe Rüböle	—	unverändert	merklich dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	—	—	klebrig, z. Th. feſt	klebrig, z. Th. feſt
15		—	—	wenig dickflüſſiger	merklich dickflüſſiger	—	—	merklich dickflüſſiger, ſchwach klebrig	merklich dickflüſſiger, ſchwach klebrig
16	Rohes Rüböl mit erheblichem Zuſatz von Baumwollſaatöl	merklich dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	feſt	—	—	—	—	—
17	Raffinirtes	merklich dickflüſſiger, ſchwach klebrig	dickflüſſig bis klebrig	klebrig, z. Th. feſt	faſt ganz feſt	feſt	—	—	—

Tabelle 12a (Fortſetzung).

Lfd. Nr.	Art der Öle	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden									
		5	6	10	12	18	24	30	35	40	45
18	Reine raffinirte Rüböle	unverändert	—	merklich dickflüſſiger	—	dickflüſſig bis klebrig	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—
19		unverändert	—	merklich dickflüſſiger	—	dickflüſſig bis ſtark klebrig	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—	—	—
20	Reine Erdnußöle	—	wenig dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	—	—	—	—	dickflüſſig bis klebrig
21		unverändert	—	dickflüſſig bis klebrig	—	feſt	—	—	—	—	—
22		—	unverändert	dickflüſſig bis klebrig	—	—	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—
23	Reine Seſamöle	unverändert	unverändert	—	merklich dickflüſſiger	feſt	—	—	—	—	—
24		unverändert	—	—	merklich dickflüſſiger	feſt	—	—	—	—	—
25	Reine Senfſaatöle	unverändert	—	unverändert	—	merklich dickflüſſiger	—	ſtark klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—
26		unverändert	—	wenig dickflüſſiger	—	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—	—	—	—
27	Reines Knochenöl	—	—	—	—	—	—	unverändert	—	—	—
28	Reine Baumwollſaatöle	dickflüſſig bis klebrig	—	—	feſt	—	—	—	—	—	—
29		—	klebrig; meiſt feſt	—	feſt	—	—	—	—	—	—
30	Reines Sonnenblumenöl	—	feſt	—	—	—	—	—	—	—	—
31	Reine Mohnöle	—	feſt	—	—	—	—	—	—	—	—
32		—	feſt	—	—	—	—	—	—	—	—
33	Mohnöl mit Seſamöl	—	unverändert	—	feſt	—	—	—	—	—	—
34	Reines Fiſchöl (Schering)	—	feſt	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 12a (Fortſetzung).

Lfd. Nr.	Art der Öle	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden								
		5	6	10	12	18	24	30	35	45
35	Fiſchöl unverdächtig	—	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—	—	—	—
36	Unverdächtige Waldöle	—	wenig dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	—	—	—	dickflüſſig bis klebrig
37		—	wenig dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	—	—	—	dickflüſſig bis klebrig
38	Unverdächtige Schmierthrane	—	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—	—	—	—
39		—	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—	—	—	—
40	Reiner Leberthran (Schering)	—	feſt	—	—	—	—	—	—	—
41	Raffinirtes Harzöl	—	—	—	—	unverändert	—	merklich dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger
42	Harzöle	merklich dickflüſſiger	—	—	—	dickflüſſig	—	dickflüſſig bis klebrig, z. Th. feſt	feſt	—
43		wenig dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger	—	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—	—	—
44		wenig dickflüſſiger	—	merklich dickflüſſiger	—	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—	—	—
45		unverändert	—	wenig dickflüſſiger	—	—	wenig dickflüſſiger, z. Th. klebrig	—	feſt	—
46		—	unverändert	—	wenig dickflüſſiger	dickflüſſig bis klebrig	feſt	—	—	—
47		—	wenig dickflüſſiger	—	—	—	merklich dickflüſſiger	klebrig, z. Th. feſt	feſt	—
48		—	dickflüſſiger, ſehr ſchwach klebrig	—	klebrig, z. Th. feſt	—	feſt	—	—	—

Tabelle 12b.

Veränderung der Öle beim Erhitzen in dünner Schicht auf 50 C°.

Art des Öles	Konſiſtenz nach 24ſtündigem Erhitzen	Art des Öles	Konſiſtenz nach 24ſtündigem Erhitzen
Olivenöle	unverändert oder wenig dickflüſſiger	Mohnöl	feſt
Ricinusöl	unverändert	Fiſchöl	feſt
Spermacetiöl	unverändert	Leberthran	feſt
Mandelöl	merklich dickflüſſiger	Schmierthrane	feſt
Rohes Rüböl	merklich dickflüſſiger bis klebrig	Walöle	dickflüſſig bis klebrig
Raffinirtes Rüböl	klebrig bis feſt	Harzöl raffinirt	wenig dickflüſſiger, nach 18 Stunden unverändert
Erdnußöl	klebrig bis feſt	Sonſtige Harzöle	meiſtens feſt oder dickflüſſiger bis klebrig
Seſamöl	feſt	Gemiſch von Olivenöl mit Rüböl	merklich dickflüſſiger bis ſtark klebrig
Baumwollſaatöl	feſt	Gemiſch von Olivenöl mit Erdnußöl	unverändert
Senfſaatöl	klebrig bis feſt	Rohes Rüböl mit Baumwollſaatöl	feſt
Sonnenblumenöl	feſt	Knochenöl	unverändert

Tabelle 12c.

Vorverſuche über die Zerſetzlichkeit von Schmierölen durch geſpannten Waſſerdampf.

Nr. des Öles	Art des Materials	Säuregehalt in % Ölſäure						
		Urſprüngliches Öl	Mit Waſſerdampf erhitztes Öl Dampfſpannung in Atmoſphärendrucken					
			etwa 1	etwa 6	etwa 10			
			Erhitzungsdauer Stunden					
			1	1	1	2	4	6
			Öl nur mit Dampf in Berührung			Öl mit Dampf und Gußeiſen in Berührung		
1	Talg	1,57	1,57	2,64	3,86	9,98	38,5	70,9
2	Miſchung von 2 Theilen dunklem Mineralöl und 1 Theil Rüböl	1,44	1,58	1,83	2,45	—	—	11,8

Tabelle 12d.

Angriffsvermögen von Ölen auf Gußeisen unter Einwirkung von auf 10 Atmosphären gespanntem Wasserdampf.

Nr. des Oles	Art des Öles	—	Gewichtsveränderungen der Gußeisenplatten mg Erhitzungsdauer Stunden			Säuregehalt % berechnet als Ölsäure		Sonstige Beobachtungen und Bemerkungen
			2	4	6	Ursprüngliches Öl	mit Dampf und Gußeisen 6 Stunden erhitztes Öl	
1	Schottisches leichtflüssiges Mineralöl	—	— 3	— 3	— 4	0,05	0,06	—
2	Schwerflüssiges undurchsichtiges braunschwarzes Mineralöl	—	— 4	— 4	— 4	1,42	1,42	—
3	Rohes Rüböl	Einzelwerthe	0 0	— 4,5 — 5,2	(— 30)* — 41	0,85	37	* Viel Wasser in das Öl gelangt, so daß die Platte nicht genügend mit dem Öl in Berührung war.
		Mittel	0	— 5	— 41 nach 8 Stunden — 137			
4	Raffinirtes Rüböl	—	— 15	— 66	— 205*	1,34	wegen der dunklen Färbung des erhitzten Öles nicht bestimmbar (siehe Text)	* Die Flamme wurde während des Versuchs kurze Zeit ausgelöscht, wodurch der Druck bis auf 4 Atmosphären gesunken war; Flamme wurde dann wieder angezündet und der Druck auf 10 Atmosphären gebracht.
5	Raffinirtes Rüböl	—	— 0,9 — 8,1	(— 12,5)* — 49	(— 118)**	0,35	—	* Viel Wasser in das Öl gelangt, so daß die Platte nicht genügend mit Öl in Berührung war. ** Platte nicht volle 6 Stunden mit dem Öl in gehöriger Berührung.
6	Talg	Einzelwerthe	0 0 — 1	— 20 (— 28) — 21	— 168	1,57	71 nach 4 Stunden 39 % nach 2 Stunden 10 %	—
		Mittel	0	— 21	— 168			
7	2 Theile dunkles Mineralöl und 1 Theil raffinirtes Rüböl	Einzelwerthe	— 0,8 — 3,2 — 3,2	— 7,4 — 8,5	— 13,6 — 14,2	1,44	11,8	—
		Mittel	— 3	— 8	— 14			

Die Ausführung der Verſuche geſchah in folgender Weiſe, wenn es ſich nur darum handelte, die Zerſetzlichkeit in freie Säuren feſtzuſtellen:

Von dem zu prüfenden Oel wurde eine beſtimmte Menge, 8—10 g, in eine Achatſchale gebracht und eine Stunde in einem Autoklaven von 18 cm Höhe und 15 cm Durchmeſſer der Einwirkung geſpannten Waſſerdampfes ausgeſetzt.[1]) Die Schale ruhte im Autoklaven auf einem kupfernen Dreifuß und wurde mit einem Kupferblech loſe bedeckt, ſo daß der Waſſerdampf bequem hinzutreten konnte, jedoch vom Deckel herabtropfendes flüſſiges Waſſer von dem Innern der Schale möglichſt abgehalten wurde. Nachdem der Dampf eine Stunde auf das Fett eingewirkt hatte, wurde der Säuregehalt des letzteren beſtimmt. Einige Verſuche bei einer Atmoſphäre Druck wurden durch Erhitzen des Fettes im geſchloſſenen Glasrohr mit Waſſer bei 100 C° ausgeführt.

Um das Angriffsvermögen der Oele auf Cylindermetall bei Einwirkung des geſpannten Dampfes zu beſtimmen, wurde eine etwas größere nicht abgewogene Menge Oel (etwa 20—30 g) in der gleichen Weiſe, wie ſoeben beſchrieben, in den Autoklaven gebracht und eine quadratiſche blank geſchmirgelte Gußeiſenplatte von 30 mm Breite und 4 mm Höhe in das Oel gelegt. Nach je 2-, 4- und 6-ſtündiger Erhitzung der Platte mit dem Oel im Autoklaven wurden die Platten mit Fließpapier und dann mit Aether gereinigt. Wo ein erheblicher Angriff der Platten ſtattgefunden hatte, ließ ſich ſchon mit Fließpapier viel ſchwarze flockige Subſtanz von der Oberfläche abnehmen; durch Wägung der gereinigten Platten wurden die Veränderungen reſp. Zerſtörungen der Platten feſtgeſtellt. Gleichzeitig wurde noch in einem Theil des mit der Platte in Berührung geweſenen Oeles der Säuregehalt beſtimmt, ſofern die Farbe des zurückgebliebenen Oeles noch dieſe Beſtimmung geſtattete.[2]) Rüböl 4 (Tab. 12d) z. B. hatte das Eiſen derartig nach 6-ſtündiger Einwirkung bei 10 Atmoſphären angegriffen, daß ſich ſehr viele dunkle Eiſenverbindungen (fettſaures Eiſen) im Oel aufgeſchlämmt hatten. Bei längerem Stehen des ſo behandelten Oeles wurde dieſes eine dunkelgrüngelbe ſchmalzartig feſte Maſſe, in welcher die erwähnten feſten ſchwarzen Theilchen ſich zu Boden geſetzt hatten. Das Erſtarren des Oeles dürfte auf den außerordentlich großen Gehalt an Fettſäuren zurückzuführen ſein, welche ſich bei der Behandlung des Oeles mit geſpanntem Dampf gebildet hatten. Auch das 6 Stunden auf 10 Atmoſphären erhitzte Oel 5 wurde beim Stehen ſchmalzartig.

Die Ergebniſſe zeigen, in wie erheblicher Weiſe die fetten Oele durch Einwirkung von hoch geſpanntem Dampf zerſetzt werden und welche ſtarken Zerſtörungen ſie in Folge deſſen auf Gußeiſen hervorrufen. Eigenthümlich iſt das verſchiedene Verhalten des rohen und der raffinirten Rüböle bei kürzerer Einwirkungsdauer des geſpannten Waſſerdampfes und der überaus günſtige über die theoretiſche Zahl hinausgehende Einfluß, welchen der Zuſatz von Mineralöl zum Rüböl hat. Es wird erwünſcht ſein, den Urſachen für dieſe Erſcheinungen noch durch weitere Unterſuchungen nachzuſpüren; ſo ſoll beiſpielsweiſe, falls ſich bei weiteren Unterſuchungen von rohen und raffinirten Rübölen der erwähnte Unterſchied zwiſchen dieſen beiden Oelen wiederholt zeigen ſollte, geprüft werden, inwieweit der Einfluß der Raffination z. B. der Zuſatz von konz. Schwefelſäure zum Oel die Einleitung einer Zerſetzung

[1]) In neuerer Zeit wird zur Gleichhaltung des Druckes ein Manometer mit ſelbſtthätiger Regulirung des Dampfdruckes, bezogen von Dr. Robert Muencke in Berlin, mit Vortheil benutzt.

[2]) Dieſe Beſtimmungen des Säuregehaltes konnten nur zur ungefähren Beurtheilung dienen, da ein Theil der auftretenden Säure ja das Metall ſelbſt angegriffen hatte und damit neutrale Verbindungen eingegangen war.

des Oeles durch geſpannten Dampf begünſtigt.[1]) Immerhin dürften ſchon die obigen Verſuche zur Genüge darthun, daß das ungünſtige Urtheil, welches in der Praxis wiederholt über die Verwendung von Talg, Rüböl ꝛc. zur Dampfcylinderſchmierung gefällt wird, nicht unberechtigt iſt, ſofern keine erheblichen Beimiſchungen von Mineralölen zu dieſen Materialien ſtattfinden.[2])

Es mag bei dieſer Gelegenheit daran erinnert ſein, daß die ausgiebige Zerſetzlichkeit von Talg und fettem Oel durch geſpannten Dampf ſchon ſeit vielen Jahren in der Praxis direkt zur Herſtellung der Fettſäuren als Kerzengrundlage benutzt wird. Dieſer ſogenannte Verſeifungsprozeß wird freilich in jenen Fabriken gewöhnlich durch Zuſatz geringer Mengen Kalk oder Magneſia unterſtützt, im Uebrigen wird wie bei obigen Verſuchen das Fett im Autoklaven 6 bis 10 Stunden mit auf etwa 10 Atmoſphären geſpanntem Dampf erhitzt.

[1]) Während der Drucklegung dieſer Arbeit ausgeführte Verſuche ergaben für ein raffinirtes Normalrüböl von Dr. Wiederhold in Caſſel eine geringere Zerſetzlichkeit durch geſpannten Dampf, als ſie ſelbſt bei rohen Rübölen bemerkt wurde. Umfangreichere Unterſuchungen zur Aufklärung dieſer anſcheinend widerſpruchsvollen Beobachtung ſind eingeleitet worden. Über die feſtgeſtellten Ergebniſſe wird ſpäter berichtet werden.

[2]) Die Prüfung der Zerſetzlichkeit von Cylinderölen durch geſpannten Waſſerdampf iſt inzwiſchen wiederholt von der Verſuchsanſtalt im Auftrage von Intereſſenten ausgeführt worden und hat ſich hierbei als ſehr geeignete Materialprüfungsmethode erwieſen.

Tabelle

Vergleichende Unterſuchungen über

Lfd. Nr.	Art und Nr. des Öles	Spez. Gewicht bei 20 C° (Waſſer von 4 C° = 1) × 10000	ſo Flüſſigkeitgrad nach Engler, bezogen auf Rüböl von 20 C° = 100 (Rüböl zu Waſſer von 20 C° = 15) bei den Wärmegraden				
			12	20	30	40	50
1	Filtrirtes helles ruſſiſches Mineralöl I	9236	—	236	112	59	35
2	Mineralöl I + 1½ % Paraffin	9214	—	216	106	55	34
3	Filtrirtes helles ruſſiſches Mineralöl II	9059	552	281	130	74	42
4	Mineralöl II + 1½ % Paraffin	9043	mindeſtens 662	251	121	67	39
5	Öl II + 1 % Paraffin	9048	—	259	126	68	40

Natürlich kommen auch je nach den vorhandenen Materialien und Bedürfniſſen andere Dampfdrucke und längere Erhitzungsdauer vor. Das Autoklavenmaterial, ſowie alle Behälter und Röhren, welche in den Stearinfabriken längere Zeit mit den Fettſäuren in Berührung kommen, unterliegen im hohen Maße dem zerſtörenden Einfluß der Säuren und müſſen daher von Zeit zu Zeit erneuert oder ausgebeſſert werden.

c. Ueber den Einfluß eines Zuſatzes von Waſſer auf den Kältepunkt von Mineralölen.

Es hat ſich gezeigt, daß in den Oelen emulgirte geringe Mengen von Waſſer das Fließvermögen der Oele in der Kälte durchaus nicht derartig ungünſtig beeinfluſſen, wie man nach der Höhe des Erſtarrungspunktes von Waſſer anzunehmen geneigt iſt. Auf die Einzelheiten der Verſuchsergebniſſe wird bei der in Ausſicht genommenen Veröffentlichung in den Mittheilungen eingegangen werden.

II. Feſte Zuſätze in gelöſter und ungelöſter Form.

a. Beimiſchung von Paraffin.

Der Einfluß eines Gehaltes an Paraffin auf die phyſikaliſchen Eigenſchaften von

13.

Miſchungen von Mineralölen mit Paraffin.

Kältebeſtändigkeit (nicht filtrirte Öle)	Reibungscoefficienten $\mu \times 10^3$ bei 200 m/sec Umdrehungsgeſchwindigkeit des Zapfens bei p = kg/qcm				Mittlerer Ausdehnungscoefficient $\alpha \times 1000000$ bei	
	10	25	40	53	C°	$\alpha \times 1000000$
— 5 C° leicht fließend — 15 C° ſehr ſchwer fließend	1671	765	860	968	27	712
	Pendel während des ganzen Verſuches bis p = 145 kg/qcm ſchwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	1465	747	795	898	27	716
	Pendel während des ganzen Verſuches bis p = 145 kg/qcm ſchwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
— 5 C° klar fließend — 15 C° klar, ſehr ſchwer fließend	1755	789	665	683	30	698
	Pendel während des ganzen Verſuches bis p = 145 kg/qcm ſchwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	1587	728	646	560	30	701
	Pendel während des ganzen Verſuches bis p = 145 kg/qcm ſchwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	—	—	—	—	—	—

Schmierölen iſt ſchon z. Th. früher[1]) gelegentlich der Unterſuchung über die Ausdehnungszahl von Mineralölen berührt worden. Zur Ergänzung der dort mitgetheilten Verſuche mit paraffinfreien und paraffinhaltigen ruſſiſchen Mineralölen wurden noch Reibungsverſuche mit den betreffenden reinen Oelen und deren Miſchungen mit Paraffin und phyſikaliſche Unterſuchungen einer ſpäterhin hergeſtellten Miſchung des einen ruſſiſchen Oeles mit nur 1 % Paraffin ausgeführt. Die geſammten Ergebniſſe der ſo ausgeführten Vergleichsverſuche ſind in der Tab. 13 (ſ. S. 50 u. 51) mitgetheilt. Die beiden paraffinfreien ruſſiſchen Oele Lfd. Nr. 1 und 3 konnten höchſtens 1½ % Paraffin aufnehmen, wenn ſie noch bei + 20 C° klar bleiben ſollten; ſchon bei 12—15 C° zeigten die warm hergeſtellten Miſchungen mit je 1½ % Paraffin feine feſte Abſcheidungen. Höhere Prozentſätze an beigemiſchtem Paraffin zu den Verſuchen zu nehmen, hatte kein Intereſſe, weil Schmieröle, welche ſchon bei Zimmerwärme feſte Abſcheidungen zeigen, abgeſehen von den bei hohen Wärmegraden benutzten Dampfcylinderölen, von vornherein als ungeeignet zum Schmieren von Maſchinen bezeichnet werden müſſen.

Die mit den Miſchungen angeſtellten Verſuche hatten zum Gegenſtand:

1. Die Flüſſigkeitgrade zwiſchen 20 und 50 C°,
2. Das Verhalten beim Reibungsverſuch,
3. Das Verhalten in der Kälte,
4. Das ſpezifiſche Gewicht und Ausdehnungsvermögen.

Während man von vornherein anzunehmen geneigt iſt, daß die Auflöſung des feſten Paraffins in den flüſſigen Mineralölen eine Verdickung der Oele hervorrufen wird, tritt wie früher gezeigt wurde, das Gegentheil ein: Die Oele werden nicht unerheblich, nämlich um 10—15 % dünnflüſſiger; ungefähr entſprechend den Flüſſigkeitgraden ſind auch die Reibungszahlen der paraffinhaltigen Oele niedriger als diejenigen der paraffinfreien Oele. Dieſes Verhältniß würde ſich freilich vorausſichtlich umkehren, wenn die Beſtimmung der Reibungszahlen bei niederen Wärmegraden (0 bis + 5 C°) vorgenommen würde, wo ſich bereits erhebliche Mengen des vorhandenen Paraffins ausſcheiden. Wie die Beſtimmungen des Flüſſigkeitgrades der paraffinhaltigen Oele bei + 12 C°[2]) zeigen, ſind die Flüſſigkeitgrade der paraffinhaltigen Oele, ſobald ſich die feinen Paraffinausſcheidungen einſtellen, erheblich größer als bei den paraffinfreien Oelen. Bei 0° ſind die paraffinhaltigen Oele völlig erſtarrt. Wegen der leichten Abſcheidung des Paraffins bei geringer Abkühlung der paraffinhaltigen Oele muß deshalb an Orten, wo die Maſchinen der Kälte ausgeſetzt ſein können, Gehalt an Paraffin in den Oelen als nachtheilig erachtet werden, auch wenn das Paraffin bei normaler Wärme im Oel gelöſt iſt. Bei leichten und ſehr ſchnell laufenden Maſchinen wie Spindeln, ferner bei Gasmotoren und einigen anderen Maſchinenarten, welche nicht größeren Wärmeſchwankungen ausgeſetzt ſind, werden paraffinhaltige leichtflüſſige amerikaniſche und ſchottiſche Produkte vielfach benutzt. Bei dem größten Theile der Maſchinen, insbeſondere den ſchwer belaſteten, den kalt gehenden Theilen von Dampfmaſchinen, bei Transmiſſionen, Schiffsmaſchinen ꝛc. gelangen die ſchwer erſtarrenden, meiſt zähflüſſigeren ruſſiſchen Oele zur Anwendung. Von den ruſſiſchen Oelen werden aber auch ganz leichtflüſſige Produkte (Viskoſität bei 20 C° nach Engler auf Waſſer bezogen 5:1) mit unter — 18 C° liegendem Erſtarrungspunkt hergeſtellt, welche für Spindeln, Kompreſſormaſchinen ꝛc. Verwendung finden. Der Umſtand, daß die ruſſiſchen Mineralöle

[1]) „Mittheilungen“ 1893, S. 61.
[2]) „Mittheilungen“ 1893, S. 61.

für ſchwere und leichte Maſchinen in den Schmiervorrichtungen und Aufbewahrungsgefäßen nicht erſtarren, auch wenn die Maſchinenräume ſtarker Abkühlung ausgeſetzt ſind, dürfte in erſter Linie zu der günſtigen Anſicht beigetragen haben, die in der Praxis über die ruſſiſchen Maſchinenöle faſt allgemein vorherrſchend iſt.

Es erübrigt noch auf einige neuere von Dr. Ruhemann ausgeführte Verſuche einzugehen, welche in Ergänzung früherer Unterſuchungen[1]) das eigenthümliche Verhalten der in dunklen Oelen zuweilen ſuspendirten Pech- und Paraffintheilchen beleuchten ſollen. Die letztgenannten Unterſuchungen waren ſ. Z. auf Anregung des Herrn Dr. W. H. Lepenau in Salzbergen ausgeführt worden und bezweckten, den Einfluß des Abkühlens und Erhitzens dunkler Mineralſchmieröle auf den Flüſſigkeitgrad der letzteren bei 20 C⁰ feſtzuſtellen. Hierbei hatte ſich ergeben, daß der Flüſſigkeitgrad einiger dunkler in dünner Schicht feſte Theilchen zeigender Oele bei 20 C⁰, nachdem dieſelben längere Zeit großer Kälte ausgeſetzt geweſen waren, ſich in einigen Fällen erheblich erhöhte. Nach der Erwärmung der Oele auf 50 bezw. 100 C⁰ erlangten die Oele annähernd oder vollſtändig die frühere Zähflüſſigkeit wieder, während nach nochmaliger Abkühlung die Flüſſigkeitgrade wiederum anſtiegen. Als Urſache dieſer Erſcheinung wurde angenommen, daß ſich bei niederen Wärmegraden paraffinartige oder asphaltartige Stoffe abſchieden, deren vollſtändige Löſung bei höheren Wärmegraden in den Oelen nicht immer feſtzuſtellen war, deren Anweſenheit im ſchwebenden Zuſtande aber den Flüſſigkeitgrad der Oele erhöhte.

Auch neuerdings waren wieder bei leicht erſtarrenden dunklen Mineralölen, welche ſchon in dünner Schicht an den Wandungen der Probeflaſchen ungelöſte Theilchen erkennen ließen, und einem bei — 15 C⁰ noch fließenden dunklen Oel ähnliche Veränderungen des Flüſſigkeitgrades, wie oben erwähnt, bemerkt worden. Es hatte ſich gezeigt, daß die Viskoſität bei 20 C⁰ z. Th. ſchon nach kurzer Abkühlung einiger Proben auf 0⁰ oder nach dem Stehen bei niedriger Zimmerwärme erheblich anſtieg. Dieſe Oele wurden daher der näheren Unterſuchung bezüglich des Einfluſſes der Abkühlung und der Erwärmung auf ihren Flüſſigkeitgrad von 20 C⁰ unterzogen. Die Veränderungen der Flüſſigkeitgrade traten durch die inzwiſchen erfolgte, bereits Eingangs erläuterte Verſchärfung der Genauigkeit der Flüſſigkeitgradbeſtimmungen, noch deutlicher als bei den früheren Verſuchen hervor. Den in der Tabelle 14 mitgetheilten Verſuchsergebniſſen ſeien bezüglich der befolgten Verſuchsausführung folgende Bemerkungen vorausgeſchickt:

(Siehe Tab. 14 S. 54 bis 59.)

1. Die Oele wurden wiederholt künſtlich abgekühlt und auf höhere Wärmegrade erhitzt. Nach jeder Abkühlung oder Erwärmung wurde der Flüſſigkeitgrad beſtimmt. Einer derartigen Behandlung wurden aber nicht nur, wie bei den früheren Verſuchen, unfiltrirte, ſondern auch heiß filtrirte Oele unterzogen, um den Einfluß jeglicher etwa ſchwebenden Verunreinigungen von vornherein auszuſchließen.

2. Sämmtliche vor der Flüſſigkeitgradbeſtimmung künſtlich abgekühlte oder erhitzte Proben wurden allmählig unter wiederholtem Rühren, um Erhitzung über reſp. Abkühlung unter die Verſuchstemperatur hinaus zu vermeiden, auf 20 C⁰ gebracht und alsdann ſogleich geprüft. Es war anzunehmen, daß bei einem derartigen Vorgehen die zuvor abgekühlten Oele bei 20 C⁰ noch reichlich ungelöſte Beſtandtheile enthielten, und andererſeits die zuvor erhitzten Oele weniger oder gar keine ungelöſten Beſtandtheile wieder abgeſchieden hatten. Nach der erſten ſo vorgenommenen Beſtimmung wurden meiſt einer oder mehrere Kontrolverſuche ausgeführt, bis man zu gleichbleibender Ausflußzeit im Engler'ſchen Apparat gelangte.

[1]) Bender, „Mittheilungen" 1890, S. 100.

Tabelle

Der Einfluß von Abkühlung und ſtarker Erhitzung auf den

Lfd. Nr. und Art des Öles	Eintheilung der zu den Verſuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausfluß-verſuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Verſuche und beſondere Behandlung der Proben vor dem Verſuch.
1	1. Menge; bei 80—90 C° filtrirt.	1	23./XI. 93	Gleich nach dem heißen Filtriren.
		2	„	Gleich nach Verſuch 1 geprüft.
		3	„	Nochmals $1^1/_2$ Stunde auf 80—90 C° erwärmt.
		4	25./XI. 93	Nach $1^1/_2$ſtündigem Stehen im Eis.
		5	27./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter 13 C°.
		6	„	Nochmals $1^1/_2$ Stunde auf 80—90 C° erwärmt.
		7	28./XI. 93	Nach 1tägigem Stehen im Eis.
		8	„	Gleich nach Verſuch 7 geprüft.
		9	„	Nochmals $1^1/_2$ Stunde auf 80—90 C° erwärmt.
	2. Menge; bei 80—90 C° filtrirt.	1 und 2	21./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 30—50 C°.
		3 „ 4	„	Gleich nach Verſuch 1 und 2 geprüft.
		5 „ 6	„	Gleich nach Verſuch 3 und 4 geprüft.[1])
		7 „ 8	22./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 15—20 C° und $^3/_4$ſtündigem Erwärmen vor dem Verſuche auf 50 C°. [2]) und [3]).
		9 „ 10	23./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei etwa — 5 C°.[3])
		11 „ 12	„	1 Stunde ſpäter nochmals geprüft.
		13 „ 14	24./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 10—15 C°; Proben bei 15 C° in den Apparat gefüllt, deſſen äußeres Bad etwa $1^1/_2$ Stunde bis zum Beginn des Verſuchs auf 20 C° erhalten wurde.[3])
	3. Menge; unfiltrirt.	1 „ 2	15./II. 94	Nach längerem Stehen im kalten Keller und darauf im Zimmer bei theils warmer, theils kalter Zimmerwärme.
		3 „ 4	„	Gleich nach Verſuch 1 und 2 geprüft.
		5 „ 6	„	Nach $1^3/_4$ſtündigem Stehen in Kältemiſchung von Salz und Eis, wobei das Öl faſt völlig erſtarrte.[1])
		7 „ 8	16./II. 94	Nach $2^1/_2$ſtündigem Stehen in bedeckten Bechergläſern im Luftbade bei 105—110 C°.[2])
		9 „ 10	17./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C°.
		11 „ 12	19./II. 94	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C°.[2])
		13 „ 14	„	Gleich nach Verſuch 11 und 12 geprüft.

14.
Flüſſigkeitgrad dunkler Mineralöle bei Zimmerwärme.

Ausflußzeit in Sekunden		Flüſſigkeitgrad (fe) bezogen auf Waſſer von 20 C°		Mittlerer fe bezogen auf Apparat Nr. I.	Bemerkungen	Kurz zuſammengefaßtes Ergebniß für jede Probe
Apparat Nr. III Waſſerwerth $51_{,3}$		Apparat Nr. III				
2000		$39_{,0}$		$38_{,6}$		
2022		$39_{,4}$		$39_{,0}$		
2009		$39_{,2}$		$38_{,8}$		fe ſteigt bei wiederholten Abkühlungen im Eis erheblich (12—13 %) und geht durch Erwärmen auf 80—90 C° jedesmal wieder auf den anfänglichen Werth zurück.
2255		$44_{,0}$		$43_{,6}$	—	
2230		$43_{,5}$		$43_{,1}$		
2032		$39_{,6}$		$39_{,2}$		
2297		$44_{,8}$		$44_{,4}$		
2281		$44_{,5}$		$44_{,1}$		
2044		$39_{,8}$		39,4		
Apparat V Waſſerwerth $52_{,7}$	Apparat VII Waſſerwerth $51_{,85}$	Apparat V	Apparat VII		[1] Apparat V vor dem Verſuch gereinigt; Apparat VII nicht. [2] Proben von Verſuch 5 jetzt in Apparat VII und Proben von Verſuch 6 in Apparat V gefüllt. [3] Apparate beide gereinigt. [4] Dieſe beiden Werthe nicht zur Mittelbildung benutzt, da ſie weit höher als die Werthe der entſprechenden Kontrolbeſtimmungen wie auch die der vorhergehenden und folgenden Verſuche. Eine Aufklärung hierfür hat ſich nicht finden laſſen.	
2124	2110	$40_{,3}$	$40_{,7}$	$38_{,9}$		
2273	2102	$(43_{,1})$ [4]	$40_{,5}$	$38_{,9}$		
2195	2107	$(41_{,7})$ [4]	$40_{,6}$	$39_{,0}$		
2115	2103	$40_{,1}$	$40_{,6}$	$38_{,8}$		fe erhöht ſich nach 1tägiger Abkühlung auf —5 C° erheblich ($6\frac{1}{2}$ %).
2245	2251	$42_{,6}$	$43_{,4}$	$41_{,3}$		
2223	2231	$42_{,2}$	$43_{,0}$	$40_{,9}$		
2239	2236	$42_{,5}$	$43_{,1}$	$41_{,1}$		
2162	2142	$41_{,0}$	$41_{,3}$	$39_{,6}$	[1] Apparat V gereinigt; Apparat VII nicht. [2] Apparate beide gereinigt.	fe der Probe, welche längere Zeit theils in der Winterkälte, theils bei Zimmerwärme geſtanden, ändert ſich auch nicht nach 2ſtündiger Abkühlung im Gemiſch von Salz und Eis. Nach mehrſtündigem Erwärmen auf 105—110 C° fällt fe erheblich (5 %) und geht erſt nach mehrtägigem Stehen bei 10 bis 15 C° allmählich wieder etwa auf den urſprünglichen Werth zurück.
2160	2137	$41_{,0}$	$41_{,2}$	$39_{,5}$		
2166	2158	$41_{,1}$	$41_{,6}$	$39_{,7}$		
2048	2051	$38_{,9}$	$39_{,5}$	$37_{,6}$		
2122	2099	$40_{,3}$	$40_{,5}$	$38_{,8}$		
2158	2127	$40_{,9}$	$41_{,0}$	$39_{,4}$		
2158	2114	$40_{,9}$	$40_{,8}$	$39_{,3}$		

Tabelle 14

Lfd. Nr. und äußere Erscheinungen und Verhalten in der Kälte	Eintheilung der zu den Versuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausflußversuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Versuche und besondere Behandlung der Proben vor dem Versuch
2. Schwarzbraun, undurchsichtig, in dünner Schicht keine ungelösten Bestandtheile erkennbar; steigt bei — 15 C° im 6 mm weiten U-Rohr unter einem Druck von 50 mm Wassersäule etwa 10 mm an.	Bei 80—90 C° filtrirt.	1	16/XI. 93	Gleich nach dem heißen Filtriren.
		2	17./XI. 93	Nach dem Stehen über Nacht bei ziemlich kalter Zimmerwärme.
		3	„	Gleich nach Versuch 2 geprüft.
		4	„	Gleich nach Versuch 3 geprüft.
		5	8./XI. 93	Nach $1^1/_2$stündigem Erwärmen auf 80—90 C°.
		6	„	Gleich nach Versuch 5 geprüft.
		7	20./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter 14 C°.
		8	21./XI. 93	Nach 1tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter 14 C°.
		9	25./XI. 93	Nach 4tägigem Stehen bei theils lauer, theils mäßig kalter Zimmerwärme und 1stündigem Erwärmen auf 20 C°.
		10	„	Nach $1^1/_2$stündigem Stehen im Eis.
		11	27./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter 13 C°.
		12	„	Nach 2stündigem Stehen im Eis.
		13	28./XI. 93	Nach dem Stehen über Nacht im Eis.
		14	„	Nach 2stündiger Abkühlung im Gemisch von Eis und Salz bis — 17 C°.
		15	„	Gleich nach Versuch 14 geprüft.

3. Die Viskosimeter V, VI, VII und VIII waren gemeinsam in einem Wasserbad angebracht, dessen Wärme durch eine Rabe'sche Turbine geregelt wurde (Beschreibung und Figur dieses Apparates siehe S. 5). Es wurden so meist je 4 Versuche, und zwar je zwei von einem Oel, gleichzeitig unter genau gleichen Bedingungen ausgeführt. In der Tabelle sind außer den Einzelwerthen der Versuche noch die Mittel aus zwei nebeneinander ausgeführten Versuchen angegeben.

4. Die in dem Viskosimeter Nr. III bestimmten Flüssigkeitgrade wurden um 1 %, die in den Viskosimetern V, VI, VII und VIII bestimmten Flüssigkeitgrade um 4 % erniedrigt, weil in Folge geringer Abweichungen in der Weite der Ausflußröhrchen die

(Fortſetzung).

Ausflußzeit in Sekunden	Flüſſigkeitgrad (fe) bezogen auf Waſſer von 20 C°	Mittlerer fe bezogen auf Apparat Nr. I	Bemerkungen	Kurz zuſammengefaßtes Ergebniß für jede Probe
Apparat Nr. I Waſſerwerth 50,8				
2147	—	42,3		
2277	—	44,8		
2254	—	44,4		
2248	—	44,3		
2126	—	41,9		
2137	—	42,1		fe ſteigt nach dem Stehen über Nacht bei kalter Zimmerwärme erheblich (5—6%) und fällt nach der Erwärmung auf 80—90 C° wieder bis auf 1% unter den früheren Werth. Bei wiederholten Abkühlungen indeſſen, im Eis wie im Gemiſch von Eis und Salz erhöht ſich der fe indeſſen gar nicht wieder oder wenig (höchſtens um etwa 2%).
2177	—	42,9	—	
2180	—	42,9		
2165	—	42,6		
2147	—	42,3		
2129	—	41,9		
2150	—	42,3		
2136	—	42,0		
2176	—	42,8		
2160	—	42,5		

Ausflußzeiten in jenen Apparaten gegenüber denjenigen der gleichen Flüſſigkeiten im Normalapparat I um die entſprechenden Größen zu hoch waren.

5. Die in der Tabelle angegebenen Ausflußzeiten ſind die unter Berückſichtigung der Auffüllungsfehler korrigirten Werthe (ſiehe Vorſchriften für Benutzung des Engler'ſchen Apparates, Anlage 1).

Die Ergebniſſe der geſammten Verſuche in Tabelle 14 laſſen ſich wie folgt zuſammenfaſſen:

Bei manchen dunklen Mineralſchmierölen, ſeien es warm filtrirte oder nicht filtrirte Proben, können durch mehr oder weniger ſtarkes Abkühlen unter + 20 C°

Tabelle 14

Lfd. Nr. und äußere Erſcheinungen und Verhalten in der Kälte	Eintheilung der zu den Verſuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausfluß-Verſuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Verſuche und beſondere Behandlung der Proben vor dem Verſuch
3. Schwarzbraun, undurchſichtig; in dünner Schicht ungelöſte, paraffinartige Beſtandtheile erkennbar.				
	1. Menge, im Luftbade bei etwa 100 C⁰ filtrirt.	1 und 2	21./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 30—50 C⁰.
		3 „ 4	„	Gleich nach Verſuch 1 und 2 geprüft.
		5	„	Gleich nach Verſuch 3 geprüft.
		6 und 7	23./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei etwa — 5 C⁰.[1])
		8 „ 9	„	1 Stunde ſpäter nochmals geprüft.
		10	24./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 10—15 C⁰; Proben bei 15C⁰ in den Apparat gefüllt, deſſen äußeres Bad etwa 1½ Stunde bis zum Beginn des Verſuchs konſtant auf 20 C⁰ erhalten wurde.[1])
	2. Menge unfiltrirt.	1 und 2	14./II. 94	Nach längerem Stehen im kalten Keller und darauf im Zimmer bei theils warmer, theils kalter Zimmerwärme.
		3 „ 4	15./II. 94	Am nächſten Tage nochmals geprüft.
		5 „ 6	„	Nach 1¾ſtündigem Stehen in Kältemiſchung von Eis und Salz, wobei das Öl faſt völlig erſtarrte.
		7 „ 8	16./II. 94	Nach 2½ſtündigem Stehen in bedeckten Becherglaſern im Luftbade bei 105—110 C⁰.[1])
		9 „ 10	17./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C⁰.
		11 „ 12	19./II. 94	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C⁰.[1])
		13 „ 14	„	Gleich nach Verſuch 11 und 12 geprüft.
4. Braunroth, klar, bei 0 C⁰ im Reagensglaſe nicht fließend.	1. Menge unfiltrirt.	1 und 2	Anfang Mai 94	Im urſprünglichen Zuſtande.
		3 „ 4	„	Nach 3ſtündigem Abkühlen in Becherglaſern auf — 10 bis — 18 C⁰.[1])
	2. Menge mit Chlorkalcium bei 30—40 C⁰ filtrirt.	1	29./V. 94	—
		2 und 3	„	Nach 2ſtündigem Abkühlen auf — 10 bis — 15 C⁰ im verſchloſſenen Kolben.
		4 „ 5	„	Nach 2ſtündigem Erhitzen im Luftbade auf 80—100 C⁰.

(Fortſetzung).

Ausflußzeit in Sekunden		Flüſſigkeitgrad (fe) bezogen auf Waſſer von 20 C°		Mittlerer fe bezogen auf Apparat Nr. I	Bemerkungen	Kurz zuſammengefaßtes Ergebniß für jede Probe
Apparat VI Waſſerwerth 52,4	Apparat VIII Waſſerwerth 52,3	Apparat VI	Apparat VIII			
4202	4214	80,2	80,6	77,2	[1]) Beide Apparate VI und VIII vor dem Verſuch gereinigt.	fe ſteigt nach 1tägigem Stehen bei — 5 C° mäßig (etwa 2½ %) und fällt bereits nach 1ſtündigem Stehen bei Zimmerwärme wieder um 0,8 %.
4209	4218	80,3	80,7	77,3		
4223	—	80,6	—	77,4		
4220	4334	82,4	82,9	79,4		
4289	4299	81,9	82,2	78,8		
4314	4317	82,3	82,5	70,1		
4274	4268	81,6	81,6	78,3	[1]) Apparate beide gereinigt. [2]) Dieſer Werth, welcher um vieles (etwa 10 %) höher als ſämmtliche übrigen mit der Probe erhaltenen Zahlen, zur Mittelbildung nicht mit benutzt. Die Abweichung iſt wohl entweder auf einen Verſuchsfehler oder auf im Öl vorhandene klumpige Beſtandtheile zurückzuführen.	fe der Probe, welche längere Zeit theils in der Winterkälte, theils bei Zimmerwärme geſtanden, erhöht ſich auch nach der Abkühlung in Eis und Salz nicht. Nach mehrſtündigem Erwärmen auf 105—110 C° fällt fe um 3 % und geht nach mehrtägigem Stehen bei — 10 bis — 15 C° allmählich etwa wieder auf den früheren Werth zurück.
4251	4244	81,1	81,3	78,0		
4252	4251	81,1	81,3	78,0		
4130	4113	78,8	78,6	75,6		
4206	4209	80,3	80,5	77,2		
4649	4278	(88,7)[2])	81,8	78,5		
4196	4237	80,1	81,0	77,4		
1526	1528	29,1	29,2	29,2	[1]) Das Öl war auch nach der Erwärmung auf 20C° getrübt, da beim Abkühlen etwas Waſſer ins Öl gekommen war.	fe der Probe verändert ſich nicht weſentlich nach ſtarker Abkühlung.
1511	1517	28,8	29,0	28,9		
—	1505	—	28,8	28,8	—	fe der Probe verändert ſich weder nach ſtarker Abkühlung noch nach der Erwärmung auf 80—100 C°.
1508	1508	28,8	28,8	28,8		
1507	1504	28,8	28,8	28,8		

oder durch starkes Erhitzen, z. B. auf 80—100 C°, die unter gewöhnlichen Umständen bei 20 C° festgestellten Flüssigkeitgrade um 2 bis 13 % verändert werden. Diese Veränderung kann noch bestehen, auch wenn die Oele nach erfolgtem Wärmewechsel mehr oder weniger lange die Versuchswärme von 20 C° wieder angenommen haben.

Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß die durch Abkühlen hervorgerufenen Steigerungen des Flüssigkeitgrades bei 20 C° auf der Ausscheidung und bei 20 C° nicht wieder völlig stattgefundenen Lösung fester Theilchen beruhen, während die durch Erhitzen hervorgerufenen Aenderungen des Flüssigkeitgrades bei 20 C° in der reichlichen Lösung von vorher schwebenden und bei 20 C° nicht wieder völlig ausgeschiedenen festen Theilchen ihre Ursache haben. Da die Gegenwart von schwebenden Asphalttheilchen nach den neuerdings ausgeführten Versuchen[1]) und der theilweisen Prüfung der vorliegenden Proben als äußerst selten angesehen werden kann, so dürften die fraglichen schwebenden Körper im Allgemeinen nur aus leicht schmelzbaren Pechtheilchen oder Paraffintheilchen bezw. Gemischen von diesen beiden bestehen. Von Interesse ist noch die schon oben erwähnte Feststellung, daß auch ein bei — 15 C° noch fließendes Oel (wahrscheinlich russischer Herkunft) eine erhebliche Erhöhung des Flüssigkeitgrades nach dem Abkühlen zeigt. Die Gegenwart von Paraffin in einem derartigen Oel läßt sich an der Hand einer kürzlich von Schestopal mitgetheilten Beobachtung erklären, wonach bei der Destillation von paraffinfreien Erdölen durch Dissociation von Kohlenwasserstoffen an dem heißen Kesselboden unter Umständen sich feste Paraffinkohlenwasserstoffe bilden können.[2])

Werden die vorher erhitzten oder abgekühlten Oele längere Zeit der Versuchswärme von 20 C° wieder ausgesetzt, z. B. bei mehrfach hintereinander ausgeführten Flüssigkeitgradbestimmungen, so kann natürlich eine allmähliche Annäherung an den ursprünglichen Zustand wieder stattfinden. Ein derartiger Vorgang zeigt sich z. B. deutlich bei dem sehr paraffinreichen Oele 3 und bei den früher veröffentlichten Versuchen.[3]) Bezüglich der letzteren sei insbesondere auf das stark abgekühlte und sich ganz allmählich verändernde Oel A hingewiesen.

Daß die genannten Einflüsse sich nicht bei allen paraffinhaltigen Oelen zahlenmäßig in gleicher Weise geltend machen, ist bei der Verschiedenartigkeit des Materials nicht zu verwundern. Zudem gestattete es auch die für die Versuche zur Verfügung stehende Zeit nicht immer, genau gleiche Versuchsbedingungen in Bezug auf Stärke und Zeitdauer der Abkühlung anzuwenden; die letzterwähnten Faktoren fallen aber bei derartig zähflüssigen und völlig undurchsichtigen Erzeugnissen, wie es die vorliegenden Oele sind, erheblich ins Gewicht. Auch muß es vorläufig dahingestellt bleiben, ob sich das Paraffin in den verschiedenen Schmierölen der Form nach gleichartig oder verschiedenartig ausscheidet.

Bei hellen paraffinfreien Mineralölen liegt natürlich für das Eintreten der geschilderten Veränderungen des Flüssigkeitgrades keine Veranlassung vor; dies bestätigen außer einem neueren Kontrolversuch (Oel 4 in Tab. 14) die älteren Versuche, welche mit hellen Oelen ausgeführt wurden.[3])

---

[1]) „Mittheilungen" 1893, S. 261.

[2]) Durch neuere Versuche ist die Gegenwart von schwebenden Pechtheilen in einem von sonstigen Zusätzen freien und auch nach Angabe des Fabrikanten reinen russischen Mineralschmieröl wie auch in anderen reinen dunklen Mineralölen durch Ausfällen mit Alkohol-Aether (4 : 3) nachgewiesen worden. In den Mittheilungen 1895 S. 174 ist über diese Versuche berichtet worden.

[3]) „Mittheilungen" 1890, S. 102.

[3]) Die geringen Erhöhungen der Flüssigkeitgrade heller Oele, welche sich bei jenen älteren Bestimmungen nach dem Abkühlen der Oele auf tiefe Wärmegrade in einigen Fällen zeigten, sind theils auf die früher noch bestehenden Fehler des Verfahrens der Flüssigkeitgradbestimmung, theils darauf zurück-

Da bei dunklen Oelen, von welchen ein beſtimmter Flüſſigkeitgrad verlangt wird, in der Regel auch ein günſtiges Verhalten in der Kälte gefordert wird, ſo wird bei Abnahmeprüfungen in ſeltenen Fällen der Flüſſigkeitgrad dunkler paraffinhaltiger Oele beſtimmt werden müſſen. In einzelnen Fällen, wie ſie bei Abnahme von Lieferungen nach beſtimmten Grenzvorſchriften für den Flüſſigkeitgrad ꝛc. eintreten können, wird es zweckmäßig ſein, auf die geſchilderten Verhältniſſe Rückſicht zu nehmen und das Oel nöthigenfalls nach dem Erhitzen und nach dem Abkühlen der Probe auf den Flüſſigkeitgrad zu unterſuchen.

b. Beimiſchungen von Aſphaltſtoffen.

Der Einfluß gelöſter Aſphaltſtoffe auf die Schmiereigenſchaften von Mineralſchmierölen iſt gelegentlich der Beſprechung des Nachweiſes der Aſphaltbeſtandtheile in jenen Oelen erörtert worden.[1]) Die Verſuche ergaben, daß ein mäßig hoher Gehalt an gelöſtem Aſphalt (bis zu 2,0 %, beſtimmt mit bis 50 C° ſiedendem Scheringſchem Benzin) keinen nachtheiligen Einfluß auf die hier unterſuchten Schmiereigenſchaften der Oele ergab. Die Verſuche ſollen ſich weiter dahin ausdehnen, ein Verfahren feſtzuſetzen, mittelſt welcher es gelingt, den Gehalt an Aſphalt an verſchiedenen Prüfungsſtellen mit Erzielung des gleichen Ergebniſſes bei denſelben Oelen zu beſtimmen. Hierzu wird es in erſter Linie zu erſtreben ſein, ein ſtets gleich zuſammengeſetztes, niedrig ſiedendes und käuflich zu gewinnendes Benzin zu erhalten, deſſen Zuſammenſetzung von Jedermann leicht zu kontroliren iſt.

c. Beimiſchung von Kautſchuk.

In den Mittheilungen 1890, S. 308 iſt gezeigt worden, daß die Schmierfähigkeit eines Oeles durch einen beträchtlichen Zuſatz von Kautſchuk (2 % Kautſchuk konnten nachgewieſen werden) eine ganz erhebliche Einbuße erlitten hatte. Neuerdings hergeſtellte und in der Verſuchs-Anſtalt auf ihre Reibungszahlen unterſuchte kautſchukhaltige Oele ließen jedoch erkennen, daß ſich durch geeignete Beimiſchung von Kautſchuk auch ſchmierfähigere, d. h. homogen flüſſige und gut adhärirende Produkte erzielen laſſen. Ueber die Ergebniſſe dieſer Verſuche wird ſpäter ausführlicher berichtet werden.

C. Specielle vergleichende Verſuchsreihen.

Auf einige vergleichende Verſuchsreihen betreffend

I. den Säuregehalt verſchiedener pflanzlicher Oele,

II. den Einfluß des Zuſatzes ruſſiſcher Oele auf den Kältepunkt von deutſchen Mineralölen,

III. den Reinheitsgrad der handelsüblichen Rüböle, Baumöle und Knochenöle ꝛc.

iſt bereits in den Abſchnitten A I b, III b und III f eingegangen worden, ſodaß hier nur auf die entſprechenden Kapitel jener Abſchnitte zurückverwieſen werden ſoll.

---

zuführen, daß zwiſchen den Beſtimmungen vor und nach der Abkühlung ein Zeitraum von 1/2 bis 1 3/4 Jahren gelegen hatte. Während dieſer Zeit konnten die Oele leicht geringe Verdickung erfahren haben, wie die neueren Verſuche über die Veränderung der Oele gelehrt haben.

[1]) „Mittheilungen“ 1893, S. 261.

IV. Ueber die Zuſammenſetzung handelsüblicher konſiſtenter Schmiermittel und Einfettungsſtoffe.

In den „Mittheilungen“ 1891, S. 186, war an einer Reihe von Beiſpielen das Herſtellungsprinzip einiger konſiſtenter Maſchinenfette und eines Wagenfettes gezeigt worden. In Ergänzung dieſer Unterſuchungen ſeien im Nachfolgenden die Ergebniſſe der Prüfung eines neuerdings der Verſuchs-Anſtalt eingereichten Huf- und Lederfettes mitgetheilt, welches in ſeiner Zuſammenſetzung erheblich von den oben erwähnten abwich und eines eigenartigen Unterſuchungsganges zur Ermittelung ſeiner Zuſammenſetzung bedurfte.

Das unterſuchte „Huf- und Lederfett“ war von ſchmalzartiger Konſiſtenz, ſchwarzer Farbe, beſaß keine Fluorescenz und roch ſchwach nach Knochenfett. Das mit Schwefeläther und zum Schluß mit Petroläther extrahirte Fett hatte grünliche Farbe und ſchmalzartige Konſiſtenz. Der in Aether unlösliche, auf einem Filter geſammelte Rückſtand betrug 0,21 %, war rußartig ſchwarz, leicht verbrennlich und in Alkohol, Säuren und Alkalien unlöslich; der Rückſtand wurde daher als fein vertheiltes zur Färbung des Fettes benutztes Kohlenſtoffpulver (Ruß) angeſehen.

Das extrahirte Fett war in Petroläther ſchwer löslich. Feſte flockige Beſtandtheile blieben im Petroläther ſchwebend, und die Löſung ließ in der Kälte ein dickes gelbliches Oel niederfallen, welches ſich ſchon in 90 %igem Alkohol leicht löſte. Die ſchwerlöslichen feſten Beſtandtheile wieſen auf die Gegenwart von Vaſeline, die niederfallende ölige Maſſe auf die Gegenwart von Ricinusöl hin. Der im Petroläther ſchwer lösliche feſte Beſtandtheil hatte paraffinartige Conſiſtenz und war völlig weiß. Auch durch heißen Alkohol ließ ſich das von dem Ruß befreite Fett in einen weißen ſchwer ſchmelzbaren Körper und ein weicheres Fett trennen. Das in der Petrolätherlöſung des Fettes niederfallende Oel erſchien nach dem völligen Auswaſchen mit Petroläther gelb gefärbt, völlig verſeifbar und verhielt ſich Löſungsmitteln gegenüber genau wie Ricinusöl. Die Verſeifungszahl 171 und die Beſchaffenheit der Fettſäuren des mit Petroläther abgeſchiedenen Oeles entſprachen ebenfalls denjenigen des Ricinusöls.

Der nach Spitz und Hönig[1]) abgeſchiedene unverſeifbare Beſtandtheil des Fettes (48,2 %) hatte vaſelineartige Konſiſtenz und war gelb gefärbt. Mit Alkohol ließ ſich eine geringe Menge öliger braungelber Subſtanz ausziehen, welche mit konzentrirter alkoholiſcher Kalilauge Violettfärbung (Nitronaphtalinreaktion) gab. Die Gegenwart von Choleſterin bezw. von Wollfett im urſprünglichen Fett wurde auf Grund der geringen Menge und Beſchaffenheit des öligen alkoholiſchen Auszugs der nicht verſeifbaren Subſtanz als ausgeſchloſſen erachtet. Da jedoch dem Geruche des urſprünglichen Fettes nach zu urtheilen an verſeifbarem Oel neben Ricinusöl noch ein Zuſatz animaliſchen Oeles vermuthet wurde, ſo wurde zur näheren Kennzeichnung des letzteren zunächſt das Ricinusöl aus dem Geſammtfett entfernt. Hierzu wurden 5 g des mit Aether extrahirten Huffettes mehrfach mit 90 %igem Alkohol (im Ganzen mit etwa 30 ccm) ausgeſchüttelt, wobei etwa 1,2 g, alſo 1/4 bis 1/5 des Huffettes, alkoholliösliches Oel erhalten wurden. Der nach der Extraktion mit Alkohol verbleibende Rückſtand wurde zur Verſeifung des in ihm etwa enthaltenen fetten Oeles mit konzentrirter alkoholiſcher Kalilauge gekocht. Die aus der Seife nach Entfernung der nicht verſeifbaren Beſtandtheile abgeſchiedenen Fettſäuren ſchmolzen bei 38° und rochen nach Knochenfett.

Schließlich wurde in dem urſprünglichen Fett und im alkoholiſchen Auszuge noch

[1]) „Zeitſchrift für angewandte Chemie“ 1891, S. 477.

die Gegenwart von Nitronaphtalin durch Ueberführung in Naphtylamin und deſſen Verhalten zu Eiſenchlorid erkannt.

Demnach war das eingereichte Fett ein mit ſehr wenig rußartigem Kohlenſtoffpulver gefärbtes ſchmalzartiges Fett, welches zur Hälfte aus unverſeifbarem vaſelineartigen Fett, zur Hälfte aus verſeifbarem Fett beſtand. Letzteres ſetzte ſich zuſammen aus einem Oel von der gleichen Beſchaffenheit wie Ricinusöl und einem an feſten Glyceriden reichen Fett, welches, dem Geruch der Fettſäuren und demjenigen des urſprünglichen Fettes nach zu urtheilen, thieriſchen Urſprungs ſein dürfte. Außer den genannten Beſtandtheilen enthielt das Fett noch Nitronaphtalin; letzterer im Handel gewöhnlich als Entſcheinungsmittel benutzter Stoff dürfte die Scheinfreiheit des Fettes bedingen. Schädliche oder minderwerthige Zuſätze wie Harz, Harzöl, Waſſer, feſte Stoffe u. ſ. w. waren nicht zugegen. Auch Mineralſäuren waren nicht vorhanden, ſondern nur 0,26 % freie Fettſäure, berechnet als Schwefelſäureanhydrid; dieſer Betrag entſpricht, unter Berückſichtigung der im vorliegenden Fett enthaltenen Menge verſeifbaren Fettes, dem in manchen natürlichen verſeifbaren Fetten vorkommenden Betrag an freier Fettſäure.

Das unterſuchte Huffett war mithin, abgeſehen von den geringfügigen Mengen feinvertheilter färbender Subſtanz und der geringen Menge Entſcheinungsmittel als ein von fremden Stoffen und trocknendem Oel freies Schmierfett für Huf- und Lederſchmierung zu betrachten.

V. Ueber die tarifariſche Unterſcheidung Pechelbronner Erdölrückſtände von anderen Mineralſchmierölen.

Ueber die tarifariſche Unterſcheidung Pechelbronner Erdölrückſtände von anderen Mineralſchmierölen iſt von der Verſuchs-Anſtalt im Auftrage der Königlichen Kommiſſion zur Berichterſtattung an die Königliche Eiſenbahndirektion Frankfurt a./M. eine umfangreiche Unterſuchung ausgeführt worden. Die Verſuche enthalten ein intereſſantes Material zur Kennzeichnung der unterſuchten Materialien unter Berückſichtigung der hauptſächlichſten Fabrikationsgebiete der verſchiedenen Mineralſchmieröle.

D. Zuſammenfaſſung der Ergebniſſe.[1])

Es erübrigt noch, auf die gewonnenen Ergebniſſe der vergleichenden Schmierölunterſuchungen einen kurzen Rückblick zu werfen.

Durch eine weiter vervollkommnete Ausbildung der phyſikaliſchen und chemiſchen Prüfungsmethoden iſt die Kennzeichnung der Oele erheblich verſchärft worden. Die vergleichende Unterſuchung der einzelnen Oele und Miſchungen konnte manche unbeſtimmten und widerſprechenden Anſchauungen über den Werth des einen und anderen Schmiermittels in der Praxis aufklären und hatte zum Ergebniß, daß die Mineralöle den handelsüblichen pflanzlichen und thieriſchen Oelen weſentlich überlegen ſind:

1. in Folge ihrer geringen Veränderlichkeit beim Stehen in dicken und dünnen Schichten
2. in Folge ihres tief liegenden Gefrierpunktes, wenigſtens ſoweit ruſſiſche Oele in Betracht kommen
3. in Folge ihrer Unzerſetzlichkeit bei Einwirkung geſpannten Waſſerdampfes.

Hierzu kommt der Umſtand, daß die Mineralöle meiſtens zu billigerem Preiſe erhältlich ſind als die pflanzlichen und thieriſchen Oele und fernerhin die Möglichkeit, daß ſie in jedem beliebigen Flüſſigkeitgrad, allen Bedürfniſſen entſprechend, hergeſtellt werden

[1]) Die geſammten vorſtehenden Unterſuchungsreihen wurden in der Hauptſache vom Verfaſſer dieſes Berichtes in Gemeinſchaft mit Dr. Ruhemann ausgeführt.

können. Welcher Vortheil gerade in dem letzterwähnten Umſtande liegt, geht aus den im Anhang E mitgetheilten reichhaltigen Betriebserfahrungen aus der Praxis hervor.

Von den pflanzlichen Oelen verhielten ſich die Rüböle und zwar in erſter Linie die raffinirten Oele erheblich ungünſtiger als Olivenöle, Spermacetiöl, Ricinusöl. Die letzteren nähern ſich bezüglich ihrer geringen Veränderlichkeit den Mineralölen. Durch Beimiſchung von Mineralölen zu Rüböl werden die ungenügenden Eigenſchaften der letzteren in ſehr günſtiger Weiſe beeinflußt; hieraus erklärt ſich die weitverbreitete Anwendung, welche dieſe Miſchungen z. Th. noch beſitzen. Der Zuſatz des Rüböls kann aber auch auf gewiſſe ungünſtige Eigenſchaften z. B. leichtere Entflammbarkeit, des Mineralöls verbeſſernd wirken (ſiehe E. Anhang Betriebserfahrungen).

Die Gegenwart von Asphalt, Kautſchuk und Paraffin in den flüſſigen Mineralölen giebt zu Beanſtandungen keinen Anlaß, wenn dieſe Stoffe völlig gelöſt ſind und ſich bei den in Frage kommenden Gebrauchswärmen der Oele nicht abſcheiden. In der That ſind auch Miſchungen mit dieſen drei Stoffen vielfach in großen Betrieben mit Erfolg angewendet worden. Bedingung iſt fernerhin, daß dieſe Oele je nach dem vorliegenden Verwendungszweck den im Anhang dargelegten allgemeinen und beſonderen Anforderungen an Schmiermittel genügen.

Nach dieſen Bedingungen wird alſo der Fabrikant den Gehalt und die Art des Zuſatzes an jenen Stoffen regeln. In zweifelhaften Fällen iſt es geboten, den Reibungsverſuch auf der Oelprobirmaſchine hinzuzuziehen.

Andererſeits ergiebt ſich aus den Verſuchen mit jenen Miſchungen, daß das Vorhandenſein beträchtlicher Mengen jener Zuſätze zu Unzuträglichkeiten Veranlaſſung geben kann. Insbeſondere dürfen die Zuſätze nicht in ſolchen Mengen vorhanden ſein, daß dadurch die homogenflüſſige Beſchaffenheit des Materials Einbuße erleidet.

Von den bislang als minderwerthig betrachteten Oelen: Baumwollſaatöl, Erdnußöl, Seſamöl, Harzöl u. ſ. w. käme auch nach den vorſtehenden Unterſuchungen höchſtens gutes raffinirtes Harzöl als Zuſatz zu Mineralölen in Betracht, doch iſt vor Verwendung des Oeles ſtets eine vorangehende Unterſuchung ſeiner Veränderlichkeit erforderlich.

E. Betriebserfahrungen mit Schmierölen bei Eiſenbahnen, Dampfſchiffen und in Fabrikbetrieben.

Als eine wünſchenswerth erſcheinende Ergänzung der vorſtehenden vergleichenden Unterſuchungen von Schmierölen ſind wie bei dem 1889 erſtatteten Bericht des Profeſſors A. Martens auch dem vorliegenden Bericht die bei den preußiſchen Bahnen geſammelten Betriebserfahrungen, welche der Verſuchs-Anſtalt bereitwilligſt zur Verfügung geſtellt worden ſind, beigegeben (Tab. 15). Ferner iſt es als zweckmäßig erachtet worden, an dieſer Stelle eine gedrängte Ueberſicht über die von dem Oberingenieur der Oeſterreichiſchen Nordweſtbahn J. Großmann in ſeinem neueſten Werke[1]) mitgetheilten Betriebserfahrungen öſterreichiſcher und deutſcher Bahnverwaltungen (Tab. 16) und die ebendaſelbſt beſprochenen praktiſchen Erfahrungen in anderen Betrieben, z. B. bei Dampfſchiffen, Fabriken u. ſ. w. zu geben. Die Mittheilungen Großmanns beanſpruchen darum ein beſonderes Intereſſe, weil ihnen ein reichhaltiges Beobachtungsmaterial aus der Praxis zu Grunde gelegt iſt. In einer von Großmann mitgetheilten Berichterſtattung über Betriebserfahrungen mit Schmierölen ſeitens der K. K. General-Direktion der Oeſterreichiſchen Staats-

[1]) „Die Schmiermittel", Wiesbaden, C. W. Kreidels Verlag 1894, S. 134.

bahnen wird die folgende allgemeine Schlußfolgerung bezüglich der Verwendung der Mineralöle zur Dampfcylinderſchmierung gezogen.

(Siehe Tab. 15—17 S. 66—73.)

„Beſſere Mineralöle und auch halbfeſte Mineralfette (Vaſeline) können in reinem und ungemiſchten Zuſtande mit beſtem Erfolge und ohne Schädigung der Maſchinentheile zum Schmieren der Kolben und Schieber verwendet werden. Die Anwendung dieſer Schmiermaterialien erfordert im Vergleiche zu vegetabiliſchen Schmiermaterialen eine größere Aufmerkſamkeit von Seiten des Perſonals in Beziehung auf die Inſtandhaltung der Schmiervorrichtungen, der Zuführungskanäle und der Dochte, das öftere Reinigen der Dampfausſtrömungskanäle von den entſtehenden Rückſtänden. Für dieſe Materialien ſind nach den bisherigen Erfahrungen gegenüber den gewöhnlichen Mineralölen ſtrenge Vorſchriften für den Flüſſigkeitgrad und ein hoher Entflammungspunkt, der über 250 C⁰ liegen ſoll, erforderlich. Miſchungen von mineraliſchen und vegetabiliſchen, bezw. thieriſchen Oelen oder Fetten werden bei mehreren Verwaltungen in verſchiedenen Miſchungsverhältniſſen gleichfalls mit gutem Erfolge verwendet."

Großmann zieht aus der Thatſache, daß reines Mineralöl nur verwendet wird, wenn es einen über 220 C⁰ liegenden Flammpunkt hat, den bemerkenswerthen Schluß, daß das gewöhnliche weit niedriger entflammbare dunkle Mineralöl nur wegen ſeiner leichten Verdampfbarkeit ungeeignet iſt. Wird es jedoch mit Rüböl gemiſcht, ſo wird es dadurch höher entflammbar und eher zum Schmieren der Kolben geeignet. Dieſe Anſchauung iſt recht einleuchtend, zumal wenn man ſich die geſteigerte Verdampfung des Oeles vorſtellt, welche im Dampfcylinder durch den Waſſerdampf naturgemäß herbeigeführt wird und eine mangelhafte Schmierung der Cylinderwandung zur Folge haben kann. Aus dem Umſtand, daß durch den Rüböl zuſatz die Zähflüſſigkeit verringert wird, folgert Großmann weiterhin, daß ein hoher Flüſſigkeitgrad kein unbedingtes Erforderniß eines guten Cylinderöles ſei.

Andererſeits zeigen die von ihm mitgetheilten Erfahrungen der deutſch-öſterreichiſchen Bahnen, daß die beſtehenden Schmiervorrichtungen bei den Lokomotivcylindern, beſonders die Einzelöler, nur dann zum Schmieren der Cylinder und Lokomotiven benutzt werden konnten, wenn das Mineralöl nicht zu dickflüſſig war.

Für die Handhabung des Oeles, Verabfolgung an die Führer u. ſ. w. iſt es erwünſcht, daß es wenigſtens bis 0⁰ flüſſig ſei. Endlich ging aus den Berichten der erwähnten Bahnverwaltungen hervor, daß es zur Vermeidung der bei dickflüſſigem Mineralöl öfter beobachteten Verſtopfung der Schmierkanäle bei den Centralölern durchaus nothwendig iſt, ein von feſten ungelöſten Stoffen freies Oel zu verwenden.

Auch die weiteren Ausführungen Großmanns zeigen, daß die Arten der Schmiervorrichtung ſehr die Anforderungen an die Konſiſtenz des Oeles bei gewöhnlicher Wärme beſtimmen. Oele, welche bei hohen Wärmegraden (100 C⁰) wenigſtens den Flüſſigkeitgrad des Rüböls beſitzen, ſind gewöhnlich bei niederen Wärmegraden ſo dickflüſſig, daß ſie bei Einzelölern nicht mehr durch die feinen Kapillarröhren der Schmiervorrichtungen angezogen werden. Nach den Erfahrungen Großmanns ſoll die Viskoſität der Cylinderöle bei 20 C⁰ das 105 fache des Waſſers nicht überſchreiten, wenn es durch die feinen 0,5 bis 0,6 mm weiten Kapillaren noch angezogen werden ſoll. Bei nur etwas höherem Flüſſigkeitgrade tritt ſchon öfter Verſagen der Schmiervorrichtungen ein. Für ſolche Zwecke empfiehlt ſich ein Zuſatz von 5—10 % fettem Oel, da Mineralöl mit dem gewünſchten hohen Flammpunkt und dem mäßig hohen Flüſſigkeitgrade bei Zimmerwärme nicht erhältlich iſt. Bei

Tabelle

Zuſammenſtellung der Äußerungen von Eiſenbahnverwaltungen über

Eiſenbahndirektion		Altona	Berlin
Umfang der Verwendung von Mineralſchmieröl und Rüböl		Bei Wagen mit Ausnahmen der Schnellzüge nur Mineralöl, Lokomotiven $^2/_3$ Mineralöl, $^1/_3$ Rüböl. Bei Dampfcylindern vorwiegend Rüböl.	Mineralöl bei allen Wagen und kalt gehenden Lokomotivtheilen. Für Cylinder und Schieber Gemiſch mit Rüböl (1 : 1).
Erfahrungen mit den Submiſſionsbedingungen (Anlage 4) hinſichtlich der	Beſtimmungen über Flüſſigkeitgrad	Im normalen Betriebe günſtige nur bei großer Hitze wird Mineralöl bei ſchnell fahrenden Zügen zu dünn, hier daher ausſchließlich Rüböl benutzt.	Im normalen Betriebe günſtige.
	des Kältepunktes	Im normalen Betriebe günſtige. Bei großer Kälte zeigten ſchnellfahrende Züge (80—85 km pro Stunde) mehr Heißläufer, daher hier bis 50 % Rüböl benutzt.	Desgl.
	Erhaltung der Lagerflächen	Günſtige.	Desgl.
Vergleichende Angaben über Verbrauch an Schmiermaterial früher (bei Rüböl) und jetzt (bei Mineralölſchmierung)		Nicht näher ermittelt worden.	Im Allgemeinen Verbrauch bei den Mineralſchmierölen größer als bei Rüböl. Bei der Wagenſchmierung Gebrauch im Verhältniß zu Leiſtungen bei Mineralöl weit größer als bei Rüböl.
Koſten der heutigen und früheren Schmierung		Koſten in den letzten 10 Jahren für 1000 km bei Lokomotiven von 8 auf 6 M. „ Wagen „ 0,25 „ 0,15 „ geſunken, doch konnte hierbei die vor 10 Jahren verwendete Menge Mineralöl nicht feſtgeſtellt werden.	Heutige Schmierung mit Mineralöl trotz erhöhten Verbrauchs weſentlich billiger als früher, wo zumeiſt Rüböl benutzt wurde.
Sonſtige Bemerkungen zur Mineralölſchmierung		—	Siehe angeſchloſſene ſtatiſtiſche Überſicht über den Verbrauch an Schmieröl und Koſten, Tab. 17.

[1] In der Verſuchs-Anſtalt eingegangen vom März bis April 1893.

15.

die mit den Mineralſchmierölen gemachten Betriebserfahrungen.[1])

Breslau	Bromberg	Elberfeld	Erfurt
Mineralöl bei allen Wagen und Lokomotiven, Rüböl nur bei Probefahrten, bei Lokomotiven für Schieber und Cylinder (3 Theile Rüböl auf 1 Theil Mineralöl).	Schnellfahrende Züge 1 Theil Rübol 1 Theil Mineralöl, die unter Dampf gehenden Lokomotivtheile, alle Güterzugsachsen nur Mineralöl.	Rüböl für Kolben und Schieber bei Lokomotiven und ſtationären Maſchinen benutzt, ſonſt Mineralöl.	Lokomotiven erhalten bei Güterzügen $^1/_4$, bei den übrigen Zügen $^1/_3$ Rüböl. Für Dampfcylinder nur Rüböl, für Achslager der Perſonenzugs- u. Schnellzugslokomotiven Miſchung von Rüböl und Talg, ſonſt Mineralöle.
Bei Lokomotiven wird dickeres Öl bevorzugt, als den Bedingungen entſpricht, da in Folge der größeren Erwärmung leichter Verluſte durch Abtropfen und Wegſchleudern eintreten.	Flüſſigkeitgrad bei hohen Wärmegraden zu hoch, bei niederen Wärmegraden zu klein.	Günſtige.	Günſtige bei normalen Verhältniſſen. Sommeröl wird jedoch bei zu großer Hitze zu dünnflüſſig.
Günſtige.	Günſtige.	Desgl.	Bei — 20 C^0 und darunter wird das Öl zu dick und nicht mehr genügend in den Dochten aufgeſaugt. Kannen müſſen warm gehalten werden.
Keine Unterſchiede gegenüber der Rüböl-ſchmierung.	Desgl.	Desgl.	Günſtige.
1883/84 angeſtellte Vergleichsverſuche über den Verbrauch von Rüböl und Mineralöl ergaben für letzteres günſtigere Zahlen; doch wird die richtige Berückſichtigung aller Verſuchsbedingungen bezweifelt.	Konnten nicht näher ermittelt werden, da neben Rüböl früher noch andere Öle erprobt wurden, und Mineralöl häufig mit Rüböl gemiſcht wurde.	1882/83 Verbrauch an Rüböl größer als 1891/92 Verbrauch an Mineralöl, doch ſind die Zahlen wegen Veränderung der Lagerſchalen, Verbeſſerung der Achsbüchſen ꝛc. nicht maßgebend.	pro 1000 Lokomotivkilometer: 1885/86 (Rüböl) 11,9 kg. 1891/92 (Mineralöl) 15,8 kg.
1890/91 gegen 1880/81 bei Lokomotiven, Güter-, Arbeits- und Materialzügen billiger um etwa $^1/_3$; bei Schnell-, Perſonen- und gemiſchten Zügen um $^1/_5$ theurer. Die Statiſtik des Reichseiſenbahnamtes gab auch für die letztgenannten Züge günſtigere Werthe 1890/91.	Konnten aus den oben angeführten Gründen nicht ermittelt werden.	Wegen der unter Verbrauch angeführten Einſchränkungen nicht genau feſtzuſtellen. Rübölpreis 0,52 M., Mineralöl 0,24 M. pro kg.	Für 1000 Lokomotivkilometer ſind die Koſten 1891/92 um circa 1 M. billiger als 1885/86.
Werth des verbrauchten Brennmaterials ſeit 1880 u. 81 bis 1890/91 erheblich geſtiegen; jedoch iſt dies auf Preisſteigerungen und veränderte Betriebsverhältniſſe zurückzuführen.	Bei ſtrengem Winter iſt das Anziehen der Wagen und Abſtoßen erſchwert, ebenſo bei Rüböl. Die dort vermuthete geringere Saugfähigkeit des Mineralöls gegenüber dem Rüböl ſollen die beobachteten Heißläufer verurſachen.	—	Kohlenverbrauch in den letzten Jahren geſtiegen; jedoch dürfte dies weniger auf das veränderte Schmiermaterial, als auf ſchnelleres Fahren und Belaſten der Züge ꝛc. zurückzuführen ſein.

Tabelle 15

Eiſenbahndirektion		Frankfurt a. M.	Hannover
Umfang der Verwendung von Mineralſchmieröl und Rüböl		Reines Rüböl nur für Lokomotiven mit Centraldampfſchmierapparaten und die Lokomotiven der Blitzzüge benutzt; andere Lokomotiven und die ſtationären Maſchinen für die unter Dampf gehenden Theile 80% Mineralöl und 20% Rüböl. Reines Rüböl wegen der Zerſetzung in freie Säure und der Beſchädigung der Cylinder nicht verwendbar.	Kolben und Schieber der Lokomotiven faſt durchgängig mit denat. Rüböl geſchmiert. Für Achſen und Saugwerk Mineralöl. Für die unter Dampf gehenden Theile hat ſich das dunkle Mineralöl nicht bewährt.
Erfahrungen mit den Submiſſionsbedingungen (Anlage 4) hinſichtlich der	Beſtimmungen über Flüſſigkeitgrad	Günſtige, jedoch werden Verſuche mit Sommer- und Winteröl gemacht, da das Öl bisher im Winter oft zu ſteif, im Sommer zu dünnflüſſig wurde.	Keine ausreichenden Erfahrungen.
	des Kältepunktes	Günſtige, doch ſiehe oben.	Bei ſtarker Kälte (unter —15 C°) trat zuweilen Erſtarren des Öles ein.
	Erhaltung der Lagerflächen	Günſtige.	Keine ausreichenden Erfahrungen.
Vergleichende Angaben über Verbrauch an Schmiermaterial früher (bei Rüböl) und jetzt (bei Mineralölſchmierung)		Verbrauch früher geringer wie jetzt.	Es haben ſich nicht genügende vergleichende Anhaltspunkte ergeben.
Koſten der heutigen und früheren Schmierung		Bei Lokomotiven für 100 km heute 3,74 Pf. weniger als früher, bei Wagen 5,8 Pf. weniger als früher.	Hierüber können keine Angaben gemacht werden, da die Verwendung des Mineralöls jetzt unter anderen Verhältniſſen als früher ſtattfindet (z. B. größere Tragfähigkeit der Wagen).
Sonſtige Bemerkungen zur Mineralölſchmierung		Es beſteht die Anſicht, daß bei Rüböl-ſchmierung Fahrzeuge leichter laufen und weniger Zugkraft beanſpruchen. Ziffernmäßige Belege liegen nicht vor.	Bei den unter Dampf gehenden Theilen werden jetzt Verſuche mit dickem über 250 C° entflammendem Mineralöl gemacht.

den Centralölern, wo das Oel mittelſt Dampf zu den Verbrauchsſtellen getrieben wird, kann der Flüſſigkeitgrad erheblich höher ſein.

Es erübrigt noch, an der Hand der mit den hieſigen Anſchauungen und Wahrnehmungen zumeiſt übereinſtimmenden Großmannſchen Mittheilungen eine gedrängte Ueberſicht über diejenigen Betriebserfahrungen zu geben, welche mit Schmierölen für Schiffsmaſchinen, ſtehende Dampfmaſchinen, Wellenleitungen und Spindeln bei Spinnmaſchinen gemacht worden ſind.

Nach Großmann und Lobry de Bruyn verwenden die Seedampfer heutzutage bei den äußeren Theilen der Schiffsmaſchinen überwiegend fettes Oel (Rüböl, Olivenöl, *Ricinusöl*, Wallratöl u. ſ. w.), weil einerſeits Mineralöle wegen der Feuergefährlichkeit auf

(Fortſetzung).

Köln (rechtsrh.)	Köln (linksrh.)	Magdeburg
Rüböl-ſchmierung nur bei den Schnellzügen Berlin-Köln, die Wagen der Köln-Hamburger Schnellzüge und alle Lokomotiven mit Rüböl und Mineralöl (1 : 1), alle übrigen Wagen mit reinem Mineralſchmieröl.	Für alle Wagen jetzt und früher reines Mineralöl, für die unter Dampf gehenden Theile $^1/_4$ Rüböl und $^3/_4$ Mineralöl.	Für die Gewerktheile der Perſonenzuglokomotiven reines Rüböl, für Güter- und Rangirlokomotiven Miſchung von Rüböl und Mineralöl. Für Dampfcylinder theils Miſchung, theils reines Rüböl.
Günſtige, Winteröl müßte jedoch noch etwas dünner ſein oder tiefer liegenden Kältepunkt (— 20 C^0) haben.	Im Allgemeinen günſtige, doch erwünſcht, daß die oberen Grenzzahlen 45, 20, 12, 10 als untere Grenze ohne Feſtſetzung einer oberen vorgeſchrieben werden, um die Lieferung unbrauchbarer ſchlechter Öle völlig auszuſchließen.	Günſtige.
Günſtige, doch ſiehe oben.	Günſtige.	Desgl.
Günſtige.	Desgl.	Desgl.
Es kann angenommen werden, daß der Verbrauch bei beiden Schmierungen dem Gewichte nach gleich iſt.	Konnte nicht näher ermittelt werden, da auch früher Rüböl nicht allein verwendet wurde.	Konnten nicht ermittelt werden.
Bei der oben gegebenen Vorausſetzung und unter der Annahme, daß der Schmierwerth des Mineralöls $0{,}8$ des Schmierwerthes des Rüböls beträgt, iſt die Mineralölſchmierung $^1/_2$ ſo theuer als Rüböl-ſchmierung.	Konnten aus den oben gegebenen Gründen nicht feſtgeſtellt werden.	Heute im Allgemeinen niedriger als früher.
Kohlenverbrauch iſt bei Mineralöl-ſchmierung ein relativ größerer.	—	—

Seeſchiffen entweder gar nicht oder nur in geringer Menge geführt werden dürfen und andererſeits der Umſtand, daß ſie nicht immer in gleichbleibender Qualität geliefert wurden[1]), von ſchwerwiegenden Folgen begleitet ſein kann. Nach den von der Verſuchs-Anſtalt eingezogenen Erkundigungen gebrauchen der Norddeutſche Lloyd und die Hamburg-Amerikaniſche Packetfahrtgeſellſchaft für die unter Dampf gehenden Theile ihrer Maſchinen reines Mineralöl, für die nicht unter Dampf gehenden Theile Miſchungen von Mineralöl und fetten Oelen.

[1]) Dem letzteren Uebelſtand kann leicht durch eine wirklich zuverläſſige Bezugsquelle, bezw. durch genaue Vereinbarung und eine Prüfung der phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften des Oeles, begegnet werden. Aehnlich ſpricht ſich auch Großmann aus.

Tabelle

Betriebserfahrungen öſterreichiſcher und

—		Die unter Dampf gehenden Lokomotivtheile
Verwendetes Schmiermaterial		Bei 20 Verwaltungen reines flüſſiges oder konſiſtentes Mineralöl, 16 Verwaltungen Mineralöl mit Rüböl gemiſcht, 9 Verwaltungen nur Rüböl, 1 Verwaltung Unſchlitt (Talg). Bei 2 Verwaltungen ſind die Verſuche noch nicht abgeſchloſſen.
Betriebserfahrungen	Im Allgemeinen	Bei den 20 Verwaltungen, welche reines Mineralöl zum Schmieren der Lokomotiven verwenden, dieſes gut bewährt und zur allgemeinen Einführung empfohlen; als am beſten geeignet werden im Allgemeinen hoch entflammbare Mineralöle oder Fette bezeichnet. Die 16 Verwaltungen, welche mit Rüböl miſchen, haben beſonders mit dieſen Miſchungen gute Erfahrungen gemacht, die übrigen haben mit Mineralölzuſatz keine guten Erfahrungen gemacht. Koſten der Mineralölſchmierung 15—40% billiger als Rüböl-ſchmierung.
	Auf langen Gebirgsſtrecken	Die Verwaltungen, die reines Mineralöl verwenden, geben an, daß es ſich anſtandslos bewährt hat. Bei denjenigen, welche Miſchungen mit Rüböl benutzen, ebenfalls keine Anſtände zu bemerken.
	Bei Dampfſpannungen von 12 Atmoſphären und darüber	Bei denjenigen Verwaltungen, die reines Mineralöl verwenden, hat ſich dieſes bewährt; wo gemiſchte Schmierung benutzt wurde, mußte bei hohem Druck der Rüböl-zuſatz erhöht werden.

Die Kaiſerliche Marine verwendet für die Dampfcylinder Mineralöle, für die nicht unter Dampf gehenden Theile reine raffinirte Rüböle.

Nach Großmann werden die inneren Theile (Cylinder, Schieber u. ſ. w.) der Schiffsmaſchinen allgemein mit hochſiedendem Mineralöl geſchmiert. Bei den Dampfmaſchinen der Binnenſeeſchiffe und der Flußdampfer wird für die äußeren Maſchinentheile ſchon vielfach Mineralöl verwendet. Die Anforderungen für das letztere entſprechen zumeiſt dem für die kalten Theile der Lokomotive benutzten Oel, nur kann der Flüſſigkeitgrad bei den Oelen für Schiffsmaſchinen etwas höher gewählt werden, weil dieſe in geſchloſſenen Räumen aufgeſtellt und weniger Wärmeſchwankungen ausgeſetzt ſind. Die italieniſche Marine verwendet nur Ricinusöl; auch hier tritt Großmann für Benutzung raffinirter, ſorgfältig geprüfter Mineralöle ein. Es ſei an dieſer Stelle auf eine Veröffentlichung Lobry de Bruyns[1]), des Direktors des Niederländiſchen Staats-Marinelaboratoriums, hingewieſen, welcher ebenfalls die Benutzung von Mineralölen auf transatlantiſchen Schiffen ſtatt der bisherigen vielfachen Anwendung der theuren fetten Oele empfiehlt.

Die kalten Theile der ſtehenden Dampfmaſchinen werden meiſtens mit raffinirtem Mineralöl geſchmiert, und zwar werden hierzu gewöhnlich helle Oele angeboten. Großmann tritt für Benutzung der dunklen billigeren Oele ein und hält die klare Durchſicht für überflüſſig. Kuntze[2]) hingegen hat in ſeiner Maſchinen-Praxis die entgegengeſetzte Er-

[1]) „Chem. Ztg." 1893, 17, 1412.

[2]) „Glaſers Annalen für Gewerbe und Bauweſen" 1894.

16.

deutſcher Bahnen mit Lokomotivſchmierölen.

Kalt gehende Lokomotivtheile.

11 von den 20 Verwaltungen, welche reines beſſeres Mineralöl für die unter Dampf gehenden Theile verwenden, benutzen dasſelbe auch für die kalten Lokomotivtheile, 9 gebrauchen minderwerthiges Mineralöl. Von den 22 Verwaltungen, die Rüböl und Mineralöl gemiſcht für Cylinder und Schieber verwenden, benutzen 11 gewöhnliches Mineralöl, die übrigen ein Gemiſch von Mineralöl mit Rüböl oder mit Talg, 4 ſtellen noch Verſuche an.

Sowohl Mineralöle wie Miſchungen von Mineralöl und Rüböl haben ſich bewährt.

Desgl.

Desgl.

fahrung gemacht; er hält es für einen Vortheil der hellen Oele, daß man bei ihnen in den Schmiergefäßen u. ſ. w. alle Verunreinigungen leicht erkennen kann. Bei kleinen Dampfmaſchinen ſoll nach Großmann der Flüſſigkeitgrad des Mineralöls bei 20° das 22,5- bis 37,5 fache, bei Maſchinen mit ſchwer belaſteten Lagern das 60 fache des Waſſers von 20 C° betragen. Noch höher mit dem Flüſſigkeitgrade zu gehen, iſt nicht vernunftgemäß, da zu dicke Oele bei geringem Wärmewechſel ihren Flüſſigkeitgrad zu ſehr ändern und den Gang der Maſchine dadurch ungünſtig beeinfluſſen. Für den Kältepunkt iſt — 5 C° ausreichend. Für die Cylinder der ſtehenden Dampfmaſchinen ſoll ebenfalls ein hochſiedendes Mineralöl benutzt werden. Bezüglich der Konſiſtenz bei Zimmerwärme und niedrigen Wärmegraden ſind weniger ſtrenge Anforderungen zu ſtellen als bei Lokomotivölen.

Für ſchwere Triebwerks-Wellen empfiehlt ſich die Verwendung des gleichen Oeles wie für die äußeren Theile der Betriebsdampfmaſchinen, und daſſelbe Oel iſt auch bei leicht belaſteten Hänge- und Mauerlagern anzuwenden. Bei großen Fabrikanlagen mit weit verzweigten Triebwerken iſt die Verwendung deſſelben Oeles aus dem Grunde nicht rathſam, weil hierbei leicht ein merkbarer Verluſt an nützlicher Arbeit eintreten kann. In manchen großen Fabriken, bei welchen ſich nach Einführung von Mineralöl ein fühlbarer Mehrbedarf an Betriebskraft eingeſtellt hatte, dürfte dieſer Uebelſtand hauptſächlich auf die Wahl eines zu dickflüſſigen Mineralöls zurückzuführen ſein. Für den in Rede ſtehenden Zweck iſt ein Oel von der 19- bis 30 fachen Zähflüſſigkeit des deſtillirten Waſſers bei 20 C° zu empfehlen. „An dem erprobten Flüſſigkeitgrade muß aber ſtrenge feſtgehalten

Tabelle 17.

Nachweiſung des Verbrauchs an Rüböl bezw. Mineralöl für Lokomotiven und Wagen vom 1. April 1880 bis Ende Dezember 1892 bei der Königlichen Eiſenbahndirektion Berlin.

Etats-jahr	Leiſtungen der	Leiſtungen an Lokomotiv- bezw. Wagenachs-Kilometern	Verbrauch an Rüböl Menge kg	Verbrauch an Rüböl Koſten M.	Verbrauch an Mineralöl Menge kg	Verbrauch an Mineralöl Koſten M.
1880/81	Lokomotiven	10 990 618	203 964	113 164	—	—
	Wagen	438 832 540	33 832	17 533	10 210	5 156
1881/82	Lokomotiven	15 776 625	263 709	142 388	2 876	2 277
	Wagen	568 011 794	69 477	35 433	2 315	799
1882/83	Lokomotiven	18 075 152	269 558	160 575	24 852	14 005
	Wagen	647 977 235	54 734	34 248	20 000	5 360
1883/84	Lokomotiven	23 082 928	205 634	171 521	129 522	56 413
	Wagen	717 217 806	37 720	25 509	65 125	21 800
1884/85	Lokomotiven	24 366 923	177 646	99 217	168 588	56 581
	Wagen	748 591 645	3 454	1 900	110 587	24 467
1885/86	Lokomotiven	28 782 843	180 190	77 563	208 561	51 568
	Wagen	817 704 397	1 550	606	131 100	23 764
1886/87	Lokomotiven	29 443 008	183 175	75 026	234 877	59 840
	Wagen	853 279 354	909	311	144 854	36 213
1887/88	Lokomotiven	30 502 769	188 631	82 997	253 909	66 898
	Wagen	903 949 381	141	62	151 087	39 125
1888/89	Lokomotiven	32 338 837	204 279	99 059	282 420	66 257
	Wagen	978 462 694	321	156	171 115	39 356

Tabelle 17 (Fortſetzung).

Etats-jahr	Leiſtungen der	Leiſtungen an Lokomotiv- bezw. Wagenachs-Kilometern	Verbrauch an Rüböl Menge kg	Verbrauch an Rüböl Koſten M.	Verbrauch an Mineralöl Menge kg	Verbrauch an Mineralöl Koſten M.
1889/90	Lokomotiven	36 213 639	237 744	140 269	323 700	80 238
	Wagen	1 112 681 323	548	323	198 614	47 799
1890/91	Lokomotiven	39 093 232	250 183	180 945	363 236	96 058
	Wagen	1 101 167 734	568	397	201 044	52 336
1891/92	Lokomotiven	41 894 041	261 992	163 147	397 289	107 268
	Wagen	1 141 954 979	475	296	234 691	63 366
1892 (v. 1./IV. bis ult. Dezbr.)	Lokomotiven	31 938 413	220 036	121 019	363 374	87 209
	Wagen	867 207 000	361	198	193 412	46 419

werden, weil ſonſt die Vortheile leicht verloren gehen oder gar Nachtheile zum Vorſchein kommen."

„Bezüglich der Schmieröle für die Spindeln der Spinnereimaſchinen läßt ſich ſagen, daß dieſe Oele ſo dünnflüſſig ſein ſollen, als die Umſtände es zulaſſen, und dieſer Satz läßt ſich auch für viele andere der Textilinduſtrie dienende Maſchinen zur nützlichen Anwendung bringen. Wie weit mit dem Flüſſigkeitgrade des Schmieröls gegangen werden kann, damit es bei einer Maſchine von bekannter Bauart die beſten Dienſte leiſtet, läßt ſich nicht beſtimmen, wenn die beſonderen Verhältniſſe nicht bekannt ſind, unter welchen die Maſchine arbeitet. Die Bequemlichkeit, nur eine oder zwei Oelſorten vorräthig zu halten, wird der Fabrikleiter hier opfern müſſen, denn die Bedingungen, unter welchen die zahlreichen Lager der Dampfmaſchine, der Triebwerke, der Vorbereitungs- und Feinſpinnmaſchinen arbeiten, ſind ſo unendlich verſchieden, daß es einem vollſtändigen Verkennen dieſer Bedingungen gleichkommen würde, wenn alle dieſe reibenden Theile mit ein und demſelben Schmieröle geſchmiert werden ſollten. Der Erfolg tritt am raſcheſten dort zu Tage, wo es ſich um eine große Anzahl gleichartiger Theile handelt, wie es bei den Spindeln der Fall iſt. Neue und in gutem Zuſtande befindliche Spindeln können ein um ſo dünnflüſſigeres Schmieröl vertragen, je größer ihre Umdrehungsgeſchwindigkeit und je geringer die Bandſpannung iſt." Die Flüſſigkeitgrade einer Reihe in verſchiedenen Spinnereien befindlicher Spindelöle liegen zwiſchen 6,0 und 12,0 bei 20 C^0 auf Waſſer bezogen, jedoch können dünnflüſſigere Oele noch bequem benutzt werden. Nach den Mittheilungen Groß-

manns hat bei einſchlägigen Betriebsverſuchen auf Spindelmaſchinen reines Petroleum vom Flüſſigkeitgrad 1,2, bezogen auf Waſſer, bezüglich ſeiner reibungsvermindernden Kraft völlig befriedigt, jedoch wegen ſeiner Feuergefährlichkeit weiter keine Anwendung gefunden. In Ergänzung dieſer Angaben iſt vielleicht darauf hinzuweiſen, daß amerikaniſche und ſchottiſche Oele vom Flammpunkt 126—140 und der Viskoſität 1,7 bis 2,1 auf Waſſer bezogen, in den Handel gelangen, welche gewiß recht weitgehenden an den Flüſſigkeitgrad und die Entflammbarkeit zu ſtellenden Anforderungen entſprechen.

Daß nach den vorangehend entwickelten Anſchauungen Großmanns dieſer der allgemeinen Verwendung der konſiſtenten Fette zur Schmierung von Transmiſſionen ꝛc. wenig Vertrauen entgegenbringt, iſt nicht zu verwundern, zumal ihm direkt ungünſtige Betriebserfahrungen mit konſiſtenten Fetten bekannt geworden ſind.[1]) Die Ergebniſſe der Verſuche mit konſiſtenten Fetten bei den Lokomotiven haben nicht befriedigt, und es iſt Großmann kein Fall bekannt geworden, wo eine Verwaltung die Verſuche auf eine größere Zahl von Lokomotiven ausgedehnt hätte. Dagegen iſt das konſiſtente Fett ein bequemes Aushülfsmittel für beſondere Fälle, z. B. bei den Leerſcheiben der Triebwerke, ferner bei ſchwer belaſteten Kreuzkopf- und Kurbelzapfen, bei gewiſſen ſchnell laufenden Maſchinen, wo die flüſſige Schmiere leicht verſchleudert wird und überall, wo die Zuführung und Erhaltung des Schmieröls auf den Gleitflächen mit Schwierigkeiten verknüpft iſt.

F. Schlußbetrachtungen.

Zieht man einen Vergleich zwiſchen den oben mitgetheilten Ergebniſſen der Schmierölunterſuchungen und den in den letzten Jahren in der Praxis gemachten Betriebserfahrungen, ſo zeigt ſich inſofern eine gewiſſe Uebereinſtimmung in den Schlußfolgerungen, als auf beiden Gebieten eine Reihe von Umſtänden zu Gunſten einer thunlichſt ausgiebigen Verwendung von Mineralſchmierölen ſprechen. Hervorzuheben ſind beſonders die weſentlich billigeren Koſten, welche ſich nach dem Urtheil einer Reihe von Eiſenbahnverwaltungen mit der Einführung der Mineralölſchmierung haben erzielen laſſen. Andererſeits darf nicht verkannt werden, daß den fetten Oelen, wie rohem und raffinirtem Rüböl, insbeſondere dem rohen Rüböl in der Beimiſchung zu billigeren Mineralölen ein großes Verwendungsgebiet offen ſteht. In welchem Maße hier die fetten Oele verdrängt werden, dürfte in erſter Linie davon abhängen, inwieweit die theureren und beſſeren Mineralöle im Preiſe herabgehen. Einzelne Arten von fetten Oelen, wie die recht beſtändigen Spermacetiöle, nicht zu ſaure Olivenöle ꝛc. werden auch in reinem Zuſtande, insbeſondere theuren Mineralölen gegenüber, noch eine ausgedehnte Verwendung finden, wenn nicht die beſtändig vor ſich gehenden Fortſchritte in der Fabrikation der Mineralöle noch weitere einſchneidende Erfolge hinſichtlich ihres Preiſes und der Qualität der Oele erzielen laſſen.

Für die Verſuchs-Anſtalt ergiebt ſich aus dem vorſtehenden Bericht eine Reihe von praktiſchen Aufgaben, deren experimentelle Behandlung von nicht zu unterſchätzender Bedeutung für die Beurtheilung der Schmiermittelfrage ſein dürfte. Die Anſtalt wird daher, ſoweit ihr die Mittel für das Eingehen auf die vorliegenden Fragen zur Verfügung ſtehen, bei ihren ſpäteren Unterſuchungen auch die angeregten Aufgaben in den Kreis ihrer Thätigkeit ziehen.

[1]) „C. J. H. Woodbury, Measurements of the Friction of Lubricating Oils New-York“ 1885.

G. Anhang.

Vorſchriften über Beſtimmungen des Flüſſigkeitgrades mit dem Englerſchen Viskoſimeter.

I. Die vorgeſchriebenen Abmeſſungen des Apparates:

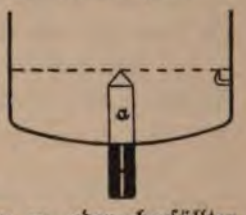
(ſind nur bei der Einlieferung des Apparates und etwaigen Störungen zu kontroliren)

a. Rohrweite oben 2,90, unten 2,80 mm (± 0,01 mm Fehlergrenze),
b. Rohrlänge 20 mm (± 0,1 mm Fehlergrenze),
c. Höhe der Markenſpitzen über der oberen Ausflußöffnung 32 mm (± 0,3 mm Fehlergrenze),
d. Weite des Gefäßes 106 mm (± 1 mm Fehlergrenze),
e. Höhe des cylindriſchen Theiles des Gefäßes 24 mm (± 1 mm Fehlergrenze),
f. Inhalt bis zu den Markenſpitzen 240 ccm (± 4 ccm Fehlergrenze),
g. Die Meßkolben müſſen bei 200 und 240 ccm je eine Marke haben,
h. Das Viskoſimeter-Gefäß muß innen ſtark vergoldet ſein, das Ausflußröhrchen muß aus Platin beſtehen und glatte Innenwand zeigen.

II. Die Kontrole der Abmeſſungen.

Die Kontrole der wichtigeren vorſtehenden Abmeſſungen und Einrichtung geſchieht in folgender Weiſe:

a. Röhrchenweite mittelſt Meßkegel vom Mechaniker Behm in Karlsruhe, ebenſo
b. Rohrlänge, nachdem die Fehler des Meßinſtrumentes feſtgeſtellt worden ſind.
c. Die Höhe der Markenſpitzen wird kontrolirt, indem man nach nebenſtehender Skizze mit dem aus Meſſing beſtehenden Normalſtift a das Ausflußröhrchen verſchließt, bis zu den Spitzen Waſſer in den Apparat einfüllt und die Differenz zwiſchen dem Niveau des Waſſers bei Einfüllung bis zu den Markenſpitzen und bis zur Spitze des Stiftes durch Zufüllen oder Abfüllen von Waſſer feſtſtellt. Aus dem zu- oder abgefüllten Volumen läßt ſich die Höhendifferenz berechnen.



d. Wird mit gewöhnlichem Taſtzirkel oben und unten beſtimmt.

Die Ergebniſſe der Meſſungen ſind in ein zur Niederſchreibung der Aichungsergebniſſe der Englerſchen Apparate angelegtes Protokoll einzutragen, in welches auch die weiterhin beſchriebenen Verſuche zur Kontrole der Ausflußzeit von Waſſer und Oelen einzutragen ſind.

III. Die Kontrole des Apparates durch Beſtimmung der Ausflußzeiten von Waſſer und Oelen:

Bei Einlieferung des Apparates werden die in nachſtehender Weiſe beſtimmten Ausflußzeiten eines dickflüſſigen Mineralöles und von Waſſer mit den Ausflußzeiten auf dem Normalapparat verglichen.[1]) Nachdem dies geſchehen und hierbei nicht größere Differenzen als ± 1,0 % gegenüber dem Normalapparat bei den gleichen Flüſſigkeiten gefunden wurden, wird die Aichung mit deſtillirtem Waſſer wenigſtens alle 2 Monate in folgender Weiſe wiederholt:

[1]) Die Vergleichung der Ausflußzeit eines Oeles auf dem eingelieferten Apparat iſt bei der neuerdings erzielten Genauigkeit der Aichung mit Waſſer nicht mehr durchaus nothwendig, ſie giebt immerhin eine zuſammenfaſſende Kontrole für die Zuverläſſigkeit des Apparates und die Richtigkeit der vorgenommenen Meſſungen ꝛc.

a. Aichung mit Wasser.

Der Apparat wird zunächst mit Alkohol und Aether und einer Gänsefeder gereinigt, bis keine Spur einer Verunreinigung, weder im Gefäß noch im Ausflußröhrchen mehr zu beobachten ist. Alsdann wird nach Einfügung eines absolut reinen, vorher nie mit Oel benetzten Verschlußstiftes sorgfältig filtrirtes destillirtes Wasser von annähernd 20 C° in den Apparat genau bis zu den Markenspitzen (am bequemsten durch Einmessung mittelst Meßkolbens) gebracht und durch Regelung der Badwärme auf genau 20 C° erhalten. Als Badflüssigkeit wählt man reines ungefärbtes Leitungswasser. Hierauf wird der Stift gelüftet, bis das ganze Wasser ausgeflossen ist. Letzteres wird sofort wieder in das Gefäß zurückgegossen, worauf die Wärme nochmals geregelt wird. Dann läßt man nach wiederholter Lüftung des Stiftes einige ccm (5—10) Wasser ausfließen, giebt sie sofort in den Apparat zurück, füllt nach Herausnahme des Thermometers durch kurzes schwaches Lüften des Stiftes das Ausflußröhrchen so weit mit Wasser, daß unten ein Tropfen hängt, und bestimmt alsdann nach völliger Beruhigung der Wasseroberfläche unter gänzlicher Lüftung des Stiftes die Ausflußzeit von 200 ccm Wasser. Den Versuch wiederholt man mehrfach in gleicher Weise, indem man stets vorher zweimal, wie beschrieben, durch Lüftung des Stiftes wenig Wasser ausfließen läßt, in das Gefäß zurückgießt und das Röhrchen nochmals mit Wasser füllt. Sobald wenigstens 3 bis auf höchstens 0,4 sec. abweichende Ergebnisse vorliegen und die Werthe nicht in fortschreitender Abnahme begriffen sind, kann die Versuchsreihe abgeschlossen werden. Dieselben Versuchsreihen werden nach jedesmaliger vorhergehender Reinigung des Apparates solange wiederholt, bis ein völliges Gleichwerden der Ausflußzeit des Wassers eintritt. Dies wird in den überaus meisten Fällen, wenn die erste Reinigung sehr sorgfältig war, schon bei der ersten Wiederholungsreihe geschehen.

Zur Bildung des Mittelwerthes der Ausflußzeit werden die letzten bis auf höchstens 0,4 sec. unter einander abweichenden 3 Werthe der letzten Versuchsreihe verwendet.

b. Aichung mit Oelen.

Die Versuchsausführung geschieht wie bei den unter IV beschriebenen Versuchen bei Zimmerwärme.

IV. Bestimmung des Flüssigkeitgrades.

A. Einfaches Viskosimeter zur Prüfung eines Oeles.

a. Einfüllung des Oeles.

Nach sorgfältiger Reinigung des Apparates und Einfügung des Verschlußstiftes wird das Oel genau bis zu den Spitzen eingefüllt, nachdem man sich über deren Stellung zum Oelniveau bei der normalen der Auffüllhöhe von 52 mm entsprechenden Auffüllmenge vorher vergewissert hat. Beim Einfüllen des Oeles für Versuche bei höheren Wärmegraden ist auf die Volumenausdehnung Rücksicht zu nehmen. Bei je 10 C° Erwärmung dehnen sich 240 ccm Oel um 1,7 ccm aus.

b. Regelung der Wärme vor dem Ausfließen des Oeles.

Vor Einfüllung des Oeles ist das Bad auf eine Wärme zu bringen, welche unter Berücksichtigung der ursprünglichen Wärme des Oeles und der Zimmerwärme am ehesten einen Ausgleich bis auf die gewünschte Versuchswärme verspricht. Dieser Ausgleich wird durch Rühren des Oeles und des Wassers im Bade mit Thermometern unterstützt. Je nachdem noch eine direkte unbehinderte Einwirkung der äußeren Luft auf die Oberfläche

des Oeles zur Regelung der Wärme erforderlich erſcheint, wird der Deckel gelüftet oder nicht. Bei dem Rühren mit dem Thermometer iſt darauf zu achten, daß das Inſtrument nicht zu ſehr die Bodenfläche des Gefäßes ſchleift.

c. Das Ausfließenlaſſen des Oeles.

Nachdem ſo die Wärme des Oeles ſchließlich gleichbleibend geworden iſt, ſorgt man für Abſchluß des Apparates durch den Deckel, beläßt das in der Deckelöffnung befeſtigte Thermometer im Oel, ſetzt den Meßkolben unter die Ausflußöffnung und lüftet nunmehr den Verſchlußſtift unter gleichzeitiger Beobachtung einer genauen Uhr. Das Oel muß frei in den Kolben hineinfließen, darf alſo nicht an deſſen Wandungen entlang laufen. Während des Ausfließens des Oeles ſorgt man entweder durch geeignetes kürzeres oder längeres Erwärmen mit dem Kranzbrenner oder durch Hinzufügung von kaltem Waſſer zum Bade für Gleichbleiben der Wärme im Oel. Iſt die Beſtimmung bei 20 C° auszuführen, ſo wird man bei weſentlich höherer Zimmerwärme die Badwärme meiſt ein wenig niedriger zu halten ſuchen, um den erwärmenden Einfluß der Zimmerluft aufzuheben. Bei tieferer Zimmerwärme wird man umgekehrt verfahren. 0,05 bis 0,15 Grad ſtändige Differenz der Badwärme gegenüber der Oelwärme ſind hier je nach der Höhe der Zimmerwärme zuläſſig. Ganz kurze Zeit kann die Badwärme auch um größere Beträge nach oben und unten ſchwanken.

Bei höheren Verſuchswärmegraden hält man die Wärme des Bades überhaupt ſtets einige Zehntel, bei 30 etwa 0,2, bei 40 etwa 0,4, bei 50 etwa 0,6 Grad höher, als es der Verſuchswärme entſpricht. Dieſer Unterſchied ſteigert ſich bis auf etwa 4—5 Grad bei 150°, wobei natürlich außen Oelbad benutzt wird.

Sobald das ausfließende Oel die Marke 200 ccm am Meßkolben erreicht hat, wird die Ausflußzeit an der Uhr abgeleſen. Man läßt ſchließlich völlig auslaufen, indem man inzwiſchen ſchon für den etwaigen nächſten bei einem höheren Wärmegrade auszuführenden Verſuch das Bad höher erwärmt. Nachdem das Oel aus dem Apparat ausgelaufen iſt, ſtellt man unter ſchätzungsweiſer Hinzuziehung der im Apparat zurückgebliebenen Oelmenge durch Kontrolirung der ausgefloſſenen Oelmenge den Auffüllungsfehler gegenüber der normalen Auffüllungsmenge feſt. Hierbei iſt noch auf die Veränderung des Volumens Rückſicht zu nehmen, welche das ausfließende Oel etwa durch Abkühlung erlitten hat. Man bringt alsdann eine Korrektur für die Zeit an, welche auf je 5 min. Ausflußzeit für 1 ccm Auffüllungsfehler ± 1 sec. beträgt.[1])

Iſt die Beſtimmung nur bei einem oder zwei Wärmegraden gewünſcht, ſo werden für jeden Grad je zwei Beſtimmungen ausgeführt, aus welchen das Mittel gebildet wird. Sonſt werden zwiſchen 20 und 50 C° wenigſtens 5, zwiſchen 20 und 150 C° wenigſtens 8 Beſtimmungen bei geeigneten Punkten ausgeführt, deren Ergebniſſe zu einer Schaulinie vereinigt werden, aus welcher die Ausflußzeiten für die gewünſchten Wärmegrade entnommen werden können. Durch Diviſion des Waſſerwerthes des Apparates in die Ausflußzeit des Oeles erhält man alsdann die Flüſſigkeitgrade.

---

[1]) Bei Apparaten mit ſauber gearbeiteten Einfüllſpitzen kann man es bei einiger Uebung erreichen, daß die eingefüllte Oelmenge nur mit einem Maximalfehler von ± 2 ccm gegenüber der vorgeſchriebenen Auffüllung behaftet iſt. Unter dieſer Bedingung kann man von der Anbringung der Zeit-Korrektur für die Auffüllung abſehen, weil die entſtandenen Fehler zu gering ſind. In anderen Fällen iſt aber die Berückſichtigung der oben gekennzeichneten Korrektur nothwendig.

d. Verſuche unter Anwendung eines Oelbades.

Für Wärmegrade von 80—150° wird außen ein Bad von einem ſehr hoch entflammbaren Mineralöl benutzt. Sonſt wird in derſelben Weiſe, wie unter A entwickelt, gearbeitet. (Doch ſiehe Fußnote 1 im Text S. 3.)

B. 4faches Viskoſimeter zur gleichzeitigen Prüfung von 4 Oelen.

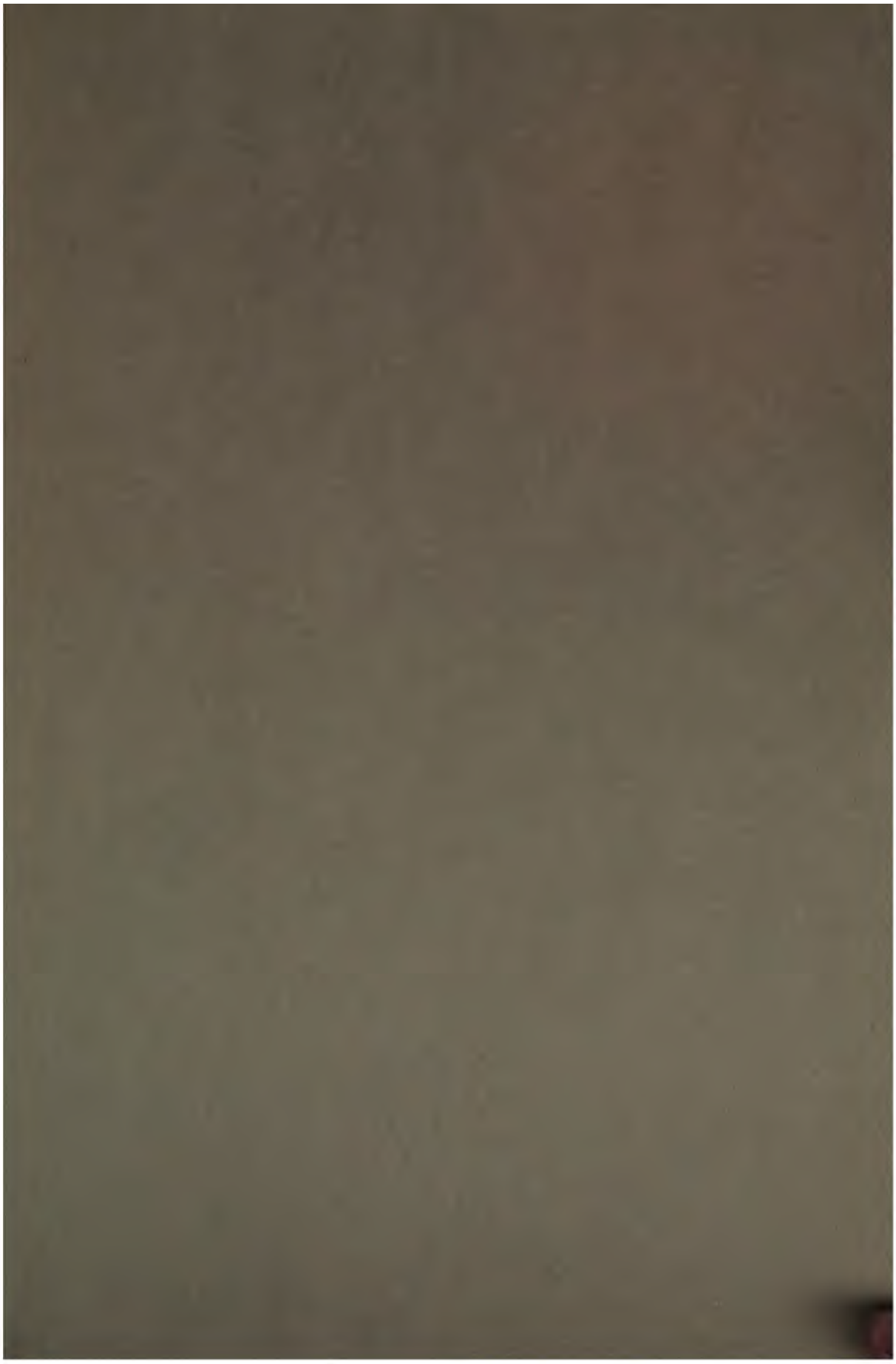
Hier wird auch ähnlich, wie unter A entwickelt, gearbeitet, nur werden, wegen vorläufigen Mangels an Einfüllungsſpitzen, die Oelmengen aus den Meßkolben unter Berückſichtigung der in letzteren zurückbleibenden Oelmengen eingefüllt. Die Badwärme wird durch Zufließenlaſſen von kaltem Waſſer oder vorſichtiges Erwärmen mittelſt Einbrenner, welcher unter die Mitte des Bodens des Apparates geſtellt wird, geregelt. Das im Bade angebrachte Schaufelrad muß hierbei beſtändig durch die Turbine gedreht werden. Man bringt die Oele unmittelbar nach einander in die 4 Apparate und läßt ſie gleichzeitig nebeneinander fließen, nachdem man hintereinander unter Aufzeichnung der Anfangszeiten die Verſchlußſtifte geöffnet hat. Hat man in dieſem Apparat eine größere Reihe von Oelen zu unterſuchen, ſo ſind zur gleichzeitigen Prüfung natürlich am zweckmäßigſten diejenigen zu verwenden, deren Konſiſtenz der äußeren Erſcheinung nach am wenigſten verſchieden iſt, da der Vortheil der Zeitausnutzung des Apparates dann am größten iſt.

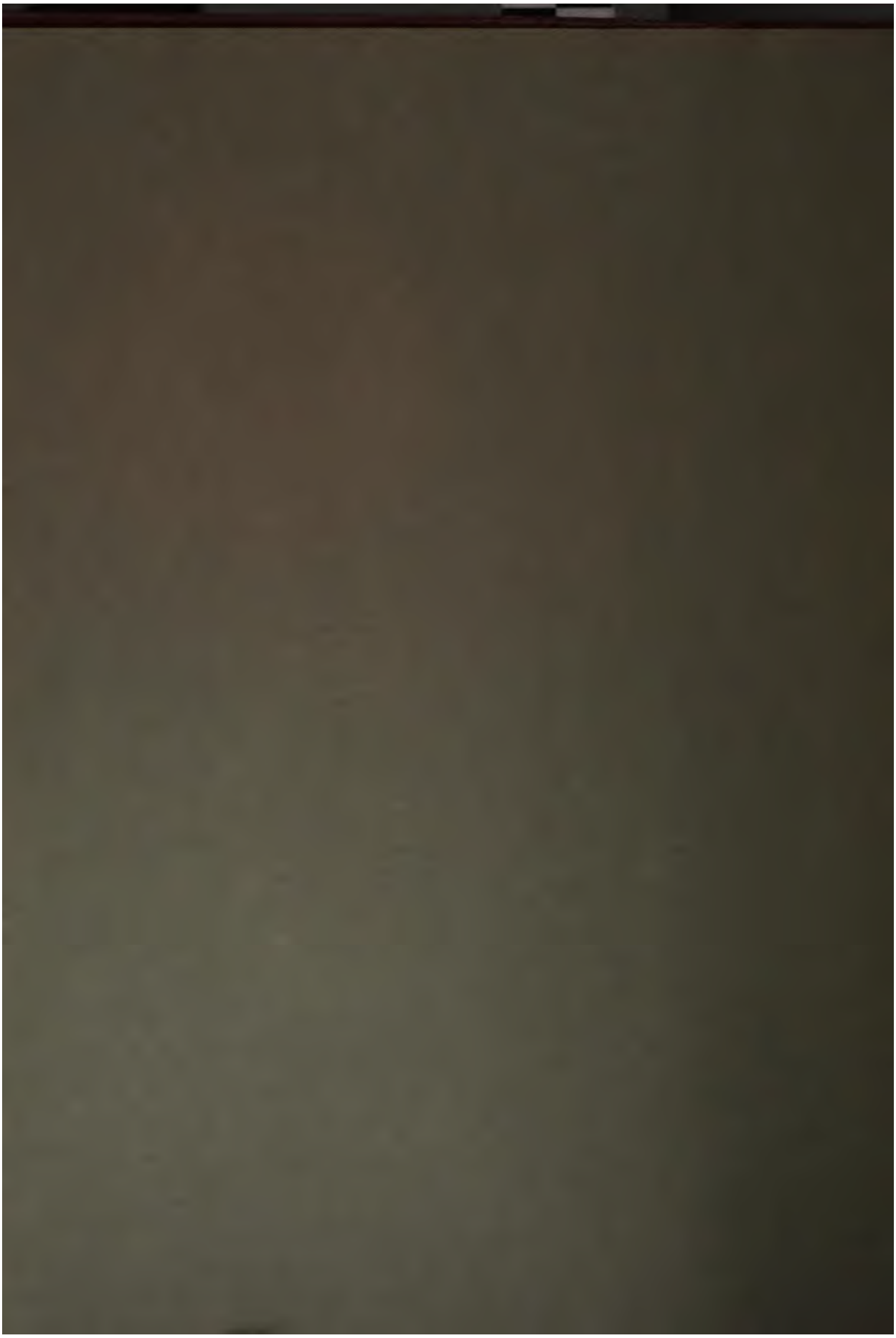
Der Apparat wird nur für Prüfungen zwiſchen 20 und 100° benutzt. Für Verſuche bei 100 C° wird auf eine Tülle des äußeren Gefäßes ein Dephlegmatorrohr aufgeſetzt und das mäßig hoch aufgefüllte Waſſer zum Kochen erhitzt.

Berichtigung.

Es iſt zu leſen S. 16, Zeile 4 von oben: X ſtatt 710.
„ S. 17, Zeile 11 von oben: „im Anhang“ ſtatt „in der Anlage 1“.
„ S. 32, Zeile 5 und 6 der Fußnote: „Kalkſeife“ ſtatt „Kaliſeife“.

Druck von Th. Hofmann in Gera.





DEC 2 8 1926